



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

33.7.

\$ 38.25



Bought with  
the Gift of  
Uriah A. Boyden,  
of Boston  
Civil Engineer.  
Rec<sup>d</sup> 10 May 1854







# Physikalisches Wörterbuch

VII. Band.

N — R.

Erste Abtheilung.

N — Pn.



**Johann Samuel Traugott Gehler's**  
**Physikalisches**  
**Wörterbuch**

neu bearbeitet

von

**Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.**

---

**Siebenter Band.**  
**Erste Abtheilung.**  
**N — Pn.**

---

**Mit Kupfertafeln I bis VII.**

---

**Leipzig,**  
**bei E. B. Schwickert.**  
**1833.**

\$38.25

Ref: 10-55

Richard W

# N.

## N a c h t.

**Nox; Nuit; Night.** Die Nacht ist der Zeitraum, während dessen die Sonne, eigentlich der Mittelpunkt der Sonne, unter dem Horizonte verweilt, oder die Zeit vom Untergang bis zum Aufgange der Sonne.

Es sey HR der Horizont, A Q der Aequator, C der Durch-<sup>Fig. 1.</sup>schnittpunct des Aequators mit dem Horizonte, P der Pol, S die Sonne, SD ihre Abweichung, USV der Parallelkreis, auf dem die Sonne sich befindet und den sie also am Himmel zu durchlaufen scheint, so ist, wenn die Sonne im Horizonte steht, CD die Ascensionaldifferenz, und das Verweilen der Sonne unter dem Horizonte oder die Zeit, in welcher sie vom Horizonte bis zum Meridiane den Bogen SV und vom Meridiane bis zum Aufgangspuncte einen gleichen Bogen durchläuft, durch 2.SP V oder 2.DQ = 2.(90° — CD) gegeben. Die halbe Dauer der Nacht wird also gefunden, wenn man 90° — Ascensionaldifferenz in Stunden verwandelt. Da Sin. CD = Tang. Abweich.  $\times$  Tang. Polhöhe ist, so ist CD = 0 für die Polhöhe = 0 und die halbe Länge der Nacht ist daher unter dem Aequator = 6 Stunden, nämlich dem Winkel = 90° entsprechend. Die Nacht dauert daher unter dem Aequator zu allen Zeiten des Jahres 12 Stunden. Für andere Punkte der Erde ist CD nur dann = 0, wenn die Abweichung der Sonne = 0 ist, und dieser Zeitpunkt ist daher die Zeit der Nachtgleiche. Die Ascensionaldifferenz ist für uns auf der nördlichen Halbkugel positiv, so lange die Abweichung der Sonne nördlich ist; während dieser Zeit ist daher die Nacht kürzer als 12 Stunden, weil der der halben Länge der Nacht entsprechende Winkel kleiner als 90° ist, in

der andern Hälfte des Jahres ist die Nacht länger als 12 Stunden. Daß die Nacht für einen bestimmten Ort auf der nördlichen Halbkugel am kürzesten ist, wenn die nördliche Abweichung ihren größten Werth erreicht, daß die Nacht am längsten ist zur Zeit der südlichen größten Abweichung der Sonne, erhellt von selbst. Für die südliche Halbkugel findet das Entgegengesetzte statt. Wenn  $\text{Tang. Abweich.} \times \text{Tang. Polhöhe} = 1$  ist, so ist  $CD = 90^\circ$  und die Länge der Nacht  $= 0$ ; dieses tritt ein, wenn die Deklination der Sonne mit der Polhöhe zusammen  $90^\circ$  ausmacht. Dagegen wenn  $\text{Tang. Abw.} \times \text{Tang. Polhöhe} = -1$  ist, so ist  $CD = -90^\circ$  und die halbe Länge der Nacht dem Winkel  $= 90^\circ - CD = 180^\circ$  entsprechend,  $= 12$  Stunden, so daß die ganze Nacht 24 Stunden dauert, und dieses findet für die nördliche Halbkugel statt, wenn die südliche Abweichung  $= 90^\circ - \text{nördl. Polhöhe}$  ist. Es läßt sich leicht zeigen, daß beide Fälle nur für Punkte innerhalb des Polarkreises oder auf dem Polarkreise selbst statt finden können, indem der Polarkreis da liegt, wo die Polhöhe  $= 90^\circ - \text{größte Abweichung der Sonne} = 90^\circ - \text{Schiefe der Ekliptik}$  ist.

Wenn  $\text{Tang. Abw.} \times \text{Tang. Polh.} > 1$  ist, so deutet dieses an, daß es keinen Werth für  $CD$  mehr giebt, das heißt, daß die Sonne gar nicht mehr den Horizont erreicht, entweder weil sie gar nicht mehr an dem bestimmten Orte untergeht, oder gar nicht mehr aufgeht. Wenn die Sonne in dem ganzen Laufe der 24 Stunden nicht aufgeht, so ist die lange Nacht eingetreten, welche in der Nähe des Polarkreises nur so lange dauert, als die Sonne ihrer größten Abweichung ganz nahe ist, also nur einige Tage um die Zeit, wo wir unsern kürzesten Tag haben; näher gegen den Pol hin dauert sie länger, und es ist für jede gegebene Polhöhe eines Ortes innerhalb des Polarkreises leicht, ihre Dauer zu bestimmen, wenn man die Zeit aufsucht, welche zwischen den beiden Zeitpunkten verfliest, wo die Sonne die südliche Deklination erreicht, die das Complement der Polhöhe ist. Für  $70^\circ$  nördliche Polhöhe fängt die lange Nacht an, wenn die Sonne am 21. Nov. die südliche Abweichung  $= 20^\circ$  erreicht, und dauert, bis die Sonne am 20. Januar wieder zu eben der Deklination zurückkehrt. Unter dem Pole dauert die so berechnete Winternacht 6 Monate, von einer Nachtgleiche bis zur andern.

Die wahre Dauer unserer Nächte, sofern wir darunter die

Zeit verstehen, wo die Sonne gar nicht über dem Horizonte erscheint, und ebenso die Dauer der langen Winternacht in den Polargegenden, wird durch drei Umstände bedeutend abgekürzt durch die GröÙe des scheinbaren Halbmessers der Sonne, durch die Strahlenbrechung und durch die Dämmerung. Jene Rechnung wurde für den Mittelpunkt der Sonne so geführt, daß Anfang und Ende der Nacht dann angenommen werden, wenn der Mittelpunkt der Sonne sich im Horizonte befindet; aber schon darum ist die Nacht ein wenig kürzer, weil der obere Sonnenrand später als der Mittelpunkt untergeht; dieser Unterschied beträgt wenig in unsern Breiten, aber am Pole verweilt der obere Rand 16 Stunden länger als der Mittelpunkt über dem Horizonte. Merklicher ist noch die Abkürzung der Nacht durch die *Strahlenbrechung*, da diese selbst bei uns und bei gewöhnlichem Zustande der Luft die Sonne gegen 4 Minuten früher am Morgen und gegen 4 Minuten später am Abend sichtbar bleiben läßt, als ohne Strahlenbrechung der Fall seyn würde. In den Polargegenden ist dieser Unterschied viel erheblicher. Denn wenn auch unter 70° Breite die Strahlenbrechung am Horizonte nur 32 Minuten beträgt, so geht doch die Sonne zwei Tage früher schon auf einige Augenblicke über den Horizont hervor und zeigt sich auch am Anfange der langen Nacht zwei Tage später, als ohne Strahlenbrechung der Fall seyn würde. Die Strahlenbrechung ist in den Polargegenden um die Zeit, wenn die Sonne so nahe zum Aequator zurückkehrt, daß sie sich im Meridiane auf einige Augenblicke zeigen kann, viel größer, und die ununterbrochene Nacht wird daher sehr bedeutend abgekürzt. Ja, wenn in der Angabe, daß die auf Nova Zembla überwinternden Holländer schon am 24. und 27. Januar 1597 die Sonne sahen, kein Irrthum ist, so war damals die Polarnacht um mehr als 2 Wochen abgekürzt<sup>1</sup>. Endlich aber ist bekannt, daß in allen Gegenden der Erde die *Dämmerung*<sup>2</sup> die Nacht sehr stark abkürzt. Auf dem Pole selbst muß sich vom Ende des Januars an bis zu Aufgang der Sonne und vom Untergange der Sonne bis zur Mitte des Novembers eine Spur von Dämmerung zeigen, und in Gegenden, die dem Polarkreise näher liegen, zeigt sich, wenn auch die Sonne nicht mehr

1 S. Art. *Strahlenbrechung*.

2 S. Art. *Dämmerung*.

aufgeht, doch um die Zeit, da sie dem Horizonte am nächsten kommt, eine Dämmerung; unter  $70^\circ$  Breite tritt diese selbst mitten im Winter sehr merklich ein, unter  $80^\circ$  Breite ist die Zeit, da die Sonne nie bis auf  $10^\circ$  sich dem Horizonte nähert, auf die Tage vom 21. Nov. bis 20. Jan. beschränkt und also 2 Monate nach und 2 Monate vor dem Nictaufgehen der Sonne eine starke mittägliche Dämmerung bemerkbar. B.

## N a c h t g l e i c h e.

Zeit der Nachtgleiche; *Aequinoctium*;  
Equinoxe; *the Equinox*. Sie ist der Zeitpunkt, da der Mittelpunkt der Sonne sich im Aequator des Himmels befindet, wo er also genau einem Punkte des Aequators der Erde im Scheitelpunkte steht. Es findet dieses im Jahre zweimal statt, bei der Frühlingsnachtgleiche, wenn die Sonne in die nördliche Halbkugel, bei der Herbstnachtgleiche, wenn sie in die südliche Halbkugel übergeht<sup>1</sup>.

Da wir gewöhnlich auf den geringen Abstand vom Aequator nicht sehen, den die Sonne schon im Laufe eines Tages erreicht, so sagen wir von dem Tage, wo das wahre Aequinoctium eintritt, daß da Tag und Nacht gleich sey; strenge genommen geht die Sonne ein wenig nach 6 Uhr auf, wenn ungefähr um die Zeit des Mittags die Sonne im Aequator ist, so daß in diesem Falle die dem wahren Aequinoctio vorangehende Nacht noch etwas zu lang, die folgende etwas zu kurz ist, was indess immer wenig beträgt. Sofern wir dieses bei Seite setzen, ist der Tag der Nachtgleiche derjenige, wo auf der ganzen Erde die Sonne eben so lange über als unter dem Horizonte verweilt, wo sie im genauen Ostpuncte aufgeht und im genauen Westpuncte untergeht.

Der Tag der Nachtgleiche ist im Frühling der 21ste März, im Herbste der 23ste September, und nur, weil das Jahr etwas länger als 365 Tage ist, trifft dieß nicht immer genau ein; unsere Einschaltungen sind aber so eingerichtet, daß die wahren Nachtgleichen sich nie erheblich von jenen Tagen entfernen können. B.

---

1 S. Art. *Frühlingsnachtgleiche*; *Herbstnachtgleiche*.



## Nachtgleichenpuncte.

**Aequinoctialpuncte; *Puncta aequinoctiorum*; Points équinoxiaux; Equinoxial points.** So heißen die beiden Puncte des Aequators und der Ekliptik, wo diese beiden Kreise einander schneiden. Da die Sonne sich dann in diesen Puncten befindet, wenn die Länge des Tages und der Nacht auf der ganzen Erde gleich ist, so haben sie daher ihren Namen, und da mit dem Eintritte der Sonne in diese Puncte der Anfang des Frühlings und des Herbstes bestimmt ist, so unterscheidet man den Punct der *Frühlingsnachtgleiche*, der für die Bewohner der nördlichen Halbkugel der Durchschnittspunct im Widder ist, vom Puncte der *Herbstnachtgleiche*, der in der Waage liegt.

Der Punct der Frühlingsnachtgleiche liegt, als Anfangspunct der Länge und als Anfangspunct der geraden Aufsteigung, allen Bestimmungen der Lage der Himmelskörper zum Grunde, und deshalb ist seine genaue Kenntniß sehr wichtig; aber da er am Himmel durch nichts bezeichnet, da er überdiß veränderlich ist, so kann er nur mittelbar, dadurch daß wir seine relative Lage gegen Fixsterne bestimmen, angegeben werden. Bei dieser Bestimmung sehen wir den Ort der Fixsterne als im strengsten Sinne unveränderlich an; dieses ist erlaubt, da die eigenen Bewegungen derselben erstlich geringe, zweitens aber auch dadurch bestimmbar sind, daß man jene relative Lage in Beziehung auf mehrere Fixsterne sucht, wo sich dann die Veränderlichkeit der Lage der Fixsterne leicht von der Veränderlichkeit der Lage des Nachtgleichenpunctes unterscheiden läßt.

Die Beobachtung der Sonne und eines Fixsternes am Mittagsfernrohre gibt unmittelbar den Abstand der Sonne im Augenblicke der Culmination von diesem Fixsterne in gerader Aufsteigung an, und wenn man mehrere Tage nach einander beide Beobachtungen wiederholt, so erhält man die Veränderung der Rectascension der Sonne, weil der Fixstern während so kurzer Zeit als ein unveränderlich fester Punct des Himmels anzusehen ist. Da nun der Punct der wahren Nachtgleiche derjenige ist, wo der Mittelpunct der Sonne sich genau im Aequator befindet, so läßt sich dieser, wenn die Polhöhe des Orts bekannt ist, aus mehrern um die Zeit der Nachtgleichen an-

gestellten Mittagsbeobachtungen der Sonne finden. Aus der von Refraction und Parallaxe befreiten Mittagshöhe der Sonne kennt man<sup>1</sup> die Abweichung der Sonne im Augenblicke des wahren Mittags. War nun diese um  $d$  Minuten südlich am einen, um  $d'$  Minuten nördlich am andern Tage, und fand man am ersten Tage den Unterschied der geraden Aufsteigung der Sonne und eines Sternes  $= a$ , am zweiten Tage  $= a + \Delta a$ , so schließt man leicht, daß die in gerader Aufsteigung gerechnete Entfernung des Sternes vom wahren Nachtgleichenpuncte oder

die wahre Rectascension des Sternes  $= a + \frac{d}{d + d'} \Delta a$  ist. Durch

eben diese Beobachtung bestimmt man auch die Zeit, wann der zwischen beide Mittage fallende Zeitpunkt der Nachtgleiche war. Diese Rechnung ist genau genug, weil die Aenderung der Declination der Sonne um die Zeit der Nachtgleiche genau gleichförmig ist, aber sie setzt die Refraction und die Polhöhe des Ortes als vollkommen bekannt voraus. Dürfte man diese als im strengsten Sinne genau bekannt annehmen und den Nachtgleichenpunct als unveränderlich ansehen, so könnte man auch zu jeder andern Zeit, wo die Abweichung sich nicht zu langsam ändert, aus der Abweichung  $= D$  und der bekannten Schiefe der Ekliptik  $= e$  die gerade Aufsteigung der Sonne  $= A$  durch die Formel  $\text{Sin. } A = \frac{\text{Tang. } D}{\text{Tang. } e}$  suchen und dann aus dem Unterschiede

der Rectascension der Sonne und des Sternes  $= a$  die Rectascension des letztern  $= a + A$ , wenn die Sonne sich zwischen dem Sterne und dem Nachtgleichenpuncte befindet, angeben; steht der Stern zwischen der Sonne und dem Nachtgleichenpuncte, oder hat man  $A$  als einen von der Herbstnachtgleiche anfangenden Bogen bestimmt, so bringt man die leicht zu übersehenden Aenderungen der Formel  $= a + A$  an.

Aber sowohl die Refraction, als auch die Polhöhe des Ortes und die Schiefe der Ekliptik sind Größen, die man bei der Berechnung der Beobachtungen nicht allemal als strenge bekannt voraussetzen darf; eine Methode, wo man dieses nicht nöthig hat, ist daher vorzuziehen. Eine solche ist die Herleitung der wahren Lage des Nachtgleichenpunctes oder, was dasselbe ist, der wahren Rectascension eines Sternes aus zwei

---

<sup>1</sup> Vergl. *Abweichung* Bd. I. S. 129.

Mittagshöhen, bei denen die Sonne das eine Mal nach der Frühlingsnachtgleiche, das andere Mal vor der Herbstnachtgleiche dieselbe Deklination und daher dieselbe Mittagshöhe erreichte. Im Allgemeinen nämlich, wenn  $a$  und  $a'$  bei den beiden Beobachtungen den Unterschied der Rectascension der Sonne und des Sternes angeben und  $A$  kurz nach der Frühlingsnachtgleiche,  $180^\circ - A'$  kurz vor der Herbstnachtgleiche die Rectascension der Sonne,  $D, D'$  die Deklination der Sonne bezeichnen, so ist die in beiden Fällen gleich bleibende wahre Rectascension des Sternes  $= (a) = a + A$  und  $= a' + 180^\circ - A'$ , und wenn  $A$  vom Frühlingspunkte an und  $A'$  vom Herbstpunkte an gleich sind, so hätte man  $(a) = 90^\circ + \frac{1}{2}(a + a')$ . Aber die Formel  $\text{Sin. } A = \frac{\text{Tang. } D}{\text{Tang. } e}$  giebt  $A$  nicht genau, wenn  $D$  und  $e$ , welche man nicht als mit absoluter Strenge bekannt ansehen kann, fehlerhaft angenommen sind, und der aus dem Werthe von  $A$  hervorgehende Fehler  $\Delta A$  ist

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{\text{Cos. } A \cdot \text{Cos.}^2 D \cdot \text{Tang. } e} - \frac{\text{Tang. } D}{\text{Cos. } A \cdot \text{Sin.}^2 e} \\ &= \frac{\Delta D \cdot \text{Tang. } A}{\text{Sin. } D \cdot \text{Cos. } D} - \frac{\Delta e \cdot \text{Tang. } A}{\text{Sin. } e \cdot \text{Cos. } e} \end{aligned}$$

Dieser Fehler erhält in dem Ausdrücke für  $A'$  eben dieselben Zeichen und es ist daher, wenn  $A' = A$  ist,

$$A + \Delta A - A' - \Delta A' = \frac{(\Delta D - \Delta D') \text{Tang. } A}{\text{Sin. } D \cdot \text{Cos. } D},$$

weil der in einer unrichtig angenommenen Schiefe der Ekliptik begangene Fehler  $\Delta e$  gewiss in beiden Fällen gleich ist. Aber auch  $\Delta D$  wird fast völlig  $= \Delta D'$  seyn; denn die Deklination wird in diesem Falle aus gleicher Mittagshöhe bestimmt, und die Fehler dieser Bestimmung können nur folgende seyn, deren nahe Gleichheit leicht zu erweisen ist. 1) Die Refraction, wenn sie auch nach unrichtigen Regeln berechnet würde, ist doch nur sofern mit *ungleichen* Fehlern behaftet, als Temperatur und Druck der Luft nicht bei beiden Beobachtungen gleich waren; diese Ungleichheit ist aber sehr genau bekannt, und die wichtigste Unsicherheit in Bestimmung der Refraction, wie sie sich mit der Höhe über dem Horizonte ändert, hat hier, als gleiche Fehler gebend, keinen Einfluss. 2) Die vielleicht nicht genau bekannte Polhöhe bringt einerlei Fehler hervor, der sich also ganz aufhebt. 3) Die Parallaxe der Sonne bringt eine bei ver-

schiedener Sonnenhöhe ungleiche, hier also eine gleiche Höhenparallaxe hervor, und auch diese Fehler heben sich auf. 4) Die Beobachtungsfehler, wenn die Beobachtungen mit einerlei Instrumente angestellt sind, werden in gleichen Höhen wenigstens sofern, als sie von Unrichtigkeit des Instruments abhängen, gleich seyn, und auch sie fallen also hier mehr als in andern Fällen gegen einander weg. Man kann daher offenbar das mit  $(\angle D - \angle D')$  multiplicirte Glied bei diesen Beobachtungen als sehr klein und als weit genauer bekannt ansehen, als es bei andern zusammengestellten Beobachtungen der Fall ist.

Wendet man ganze Reihen von Beobachtungen an, so muß man allerdings auf das Vorrücken des Nachtgleichenpunctes und auf die Aenderung der Schiefe der Ekliptik Rücksicht nehmen<sup>1</sup>.

Diese Nachtgleichenpuncte verändern ihre Stelle am Himmel, worüber ein besondrer Artikel, *Vorrücken der Nachtgleichen*, handelt, B.

## N a d i r.

Fufspunct; *Nadir*; derjenige Punct, welcher durch die unterwärts verlängerte Verticallinie getroffen wird. Er ist also dem Scheitelpuncte, *Zenith*, entgegengesetzt und beide liegen in den Polen des Horizontes.

Da die Erde keine vollkommene Kugel ist, so trifft die Scheitellinie unserer Antipoden nicht genau mit der unsrigen zusammen; auf einer vollkommen kugelförmigen Erde würde genau das Zenith unserer Antipoden unser Nadir seyn.

Dafs jeder Ort auf der Erde sein eignes Nadir hat und dafs mit jeder Veränderung des Ortes, den wir einnehmen, eine verhältnißmäßige Veränderung des Nadirs verbunden ist, versteht sich von selbst, B.

## N a t r i u m.

Natronium; *Natrium*; Sodium; *Sodium*. Zuerst 1807 von DAVY aus dem Natron ausgeschieden findet

---

<sup>1</sup> Auf diese Weise sind die Rectascensionen der 14 Hauptsterne bestimmt in: *Fundamenta astronomiae, deducta ex observ. cel. Bradley, auct. Bessel. p. 17.*

es sich im Steinsalze, in einigen Natronsalzen, die im Meerwasser und mehreren Mineralquellen vorkommen, und in mehreren zur Familie des Zeoliths und des Feldspaths gehörenden Steinen.

Man stellt das Natrium nach denselben Weisen dar, wie das Kalium<sup>1</sup>, mit dem es überhaupt in allen physischen und chemischen Verhältnissen die größte Aehnlichkeit zeigt. Es ist zinnweiss von 0,972 spec. Gew., bei  $-20^{\circ}$  ziemlich hart, bei  $0^{\circ}$  sehr dehnbar, bei  $50^{\circ}$  weich und bei  $90^{\circ}$  flüssig. Nahe beim Schmelzpunkte des Glases verwandelt es sich in einen farblosen Dampf.

Es bildet mit dem Sauerstoffgas das Natrium-Suboxyd, das Natron und das Natrium-Hyperoxyd.

Das Suboxyd und das Hyperoxyd des Natriums verhalten sich denen des Kaliums ganz ähnlich.

Das Natron, *Natriumoxyd*, *mineralische Alkali* (23,3 Natrium auf 8 Sauerstoff) entsteht aus dem Natrium ganz unter ähnlichen Verhältnissen, wie das Kaliumoxyd aus dem Kalium; doch bedarf das Natrium, um andern Körpern den Sauerstoff zu entziehen, meistens einer höhern Temperatur, und es entzündet sich in Berührung mit Wasser und Luft nur dann, wenn wenig Wasser einwirkt, da eine größere Menge desselben durch Wärmeentziehung die Entflammung hindert. Das wasserfreie Natron wird wie das wasserfreie Kali erhalten und zeigt dieselben Eigenschaften, nur dass seine Aetzkraft etwas schwächer ist.

Mit dem Wasser geht das Natron dieselben drei Verbindungen ein, wie das Kali, nämlich zu *Hydrat*, *krystallisirtem Natron* und *wässrigem Natron*, welches ebenfalls Aetzlauge genannt wird. Sie werden auf dieselbe Weise bereitet, wie die entsprechenden Kaliverbindungen, und zeigen dieselben Eigenschaften.

Die Natronsalze unterscheiden sich von den ihnen so nahe verwandten Kalisalzen dadurch, dass sie beim Anschiesen aus einer wässrigen Lösung größtentheils Krystallwasser in sich aufnehmen und damit mehr oder weniger verwitternde Krystalle bilden und dass ihre wässrige Auflösung weder durch schwefelsaure Alaunerde, noch durch schwefelsaures Platin oxyd, noch durch Weinsäure gefällt wird. Die wichtigsten Natron-

---

1 S. dieses Wörterb. Bd. V. S. 837.

sätze sind: *Salpetersaures Natron, Rhomboidal - Salpeter.* Wasserfreie stumpfe Rhomboeder, mit Kohle viel schwächer verpuffend, als salpetersaures Kali, und deshalb nicht zur Schießpulverbereitung geeignet, in 3 kaltem Wasser löslich.

*Schwefelsaures Natron, Glaubersalz.* Es schießt aus der wässerigen Lösung in der Hitze ohne Wasser an, in der Kälte in Verbindung mit viel Wasser in großen, wasserhellen, geraden rhomboidischen Säulen, von bitterlich salzigem Geschmack, in gelinder Wärme schmelzend, an der Luft schnell verwitternd. Das Salz zeigt eine auffallende Verschiedenheit hinsichtlich seiner Löslichkeit in Wasser, je nach der Temperatur, da es bei 0° C. 8 Theile Wasser zur Auflösung braucht, bei 33° aber  $\frac{1}{4}$ tel und bei 50° nur  $\frac{1}{8}$ tel; eine bei 33° gesättigte Lösung setzt daher beim Erkalten gewässerte, beim Erhitzen wasserfreie Krystalle ab.

Das *einfach-phosphorsaure Natron* schießt in schiefen rhombischen Säulen an, welche schnell verwittern, bei gelinder Wärme in ihrem Krystallwasser schnell schmelzen und sich in 4 kaltem Wasser lösen. Das *doppelt-phosphorsaure Natron* liefert in der Glühhitze ein durchsichtiges Glas.

Das *boraxsaure Natron Borax* (im rohen Zustande *Tinkal*) schießt aus der wässerigen Lösung in der Kälte in der gewöhnlichen Gestalt schiefer reetangulärer Säulen; dagegen in gelinder Wärme in Oktaedern an, die nur halb so viel Krystallwasser enthalten. Die gewöhnlichen Krystalle verwittern an der Luft oberflächlich, verwandeln sich beim Erhitzen zuerst unter Schmelzung und Entwicklung des Wassers in eine schwammige Masse, den *gebrannten Borax*, dann in der Glühhitze in eine zähe, durchsichtige, beim Erkalten erstarrende Masse, das *Boraxglas*. Da dieses beim Schmelzen verschiedene Metalloxyde und andere Körper auflöst und dadurch Aenderungen in Farbe und Durchsichtigkeit erleidet, so dient der Borax, um vor dem Löthrohre die Natur dieser Stoffe zu erkennen.

Das *einfach-kohlensaure Natron* wird in sehr unreinem Zustande durch Einäschern von Strand- und See-Gewächsen als *natürliche Soda* und durch Glühen von schwefelsaurem Natron mit kohlensaurem Kalk und Kohle als *künstliche Soda* erhalten. Das reine Salz schießt gewöhnlich in mit 2 Flächen zugespitzten schiefen rhombischen Säulen an, von alkalischer Reaction, leicht in Wasser löslich, wegen ihres großen Was-

sergehalts an der Luft verwitternd und in gelinder Wärme schmelzend. Außerdem giebt es ein *anderthalb-* und ein *doppelt-kohlensaures Natron*, wovon das erstere in festem Zustande; als *Trona*, natürlich vorkommt, das letztere gelöst in den alkalischen Mineralwässern.

Das *essigsäure Natron* erscheint in verwitternden, leicht in Wasser löslichen Säulen. Das *talg-* und *ölsäure Natron* macht den Hauptbestandtheil der härtern Seifenarten aus, die man durch Behandlung des Fettes entweder mit wässerigem Natron erhält, oder mit wässerigem Kali unter späterm Zusatze von Kochsalz.

Mit Alaunerde, Süßerde und Kieselerde, so wie mit den beim Kali genannten schweren Metalloxyden geht das Natron ganz ähnliche Verbindungen ein, wie dieses. Die bei geringerm Natrongehalte entstehende unlösliche Verbindung mit Kieselerde ist das *Natronglas*. Man erhält dieses sowohl durch Zusammenschmelzen der Kieselerde mit kohlensaurem Natron; als auch mit kohlensäurem Kali und Kochsalz zugleich, sofern sich das zuerst entstehende kieselsaure Kali mit dem Chlornatrium in kieselsaures Natron und Chlorkalium zersetzt, welches nicht mit der Glasmasse mischbar ist und sich mit den übrigen Unreinigkeiten als Glasgalle erhebt; auch kann man die Kieselerde mit schwefelsaurem Natron, Kohle und etwas Kalk schmelzen (Glaubersalzglas). Durch Zusatz von Kalk läßt sich überhaupt Natron ersparen (Kreideglas), doch verschlechtert ein Uebermafs desselben das Glas.

Oxydirende Zusätze, wie Salpeter, arsenige Säure und Braunstein, die in sehr kleiner Menge angewandt werden, bezwecken die Oxydation der etwa in den Ingredienzien enthaltenen Kohle und des Eisenoxyduls, da erstere dem Glase eine braune, letzteres eine grüne Farbe ertheilen würde; doch bewirkt eine zu grofse Menge der arsenigen Säure eine weifse Trübung, so wie ein Uebermafs von Braunstein rothe Färbung veranlaßt. Das Gemenge dieser Ingredienzien, die *Fritte*, wird entweder zuerst in einem besondern Ofen, dem Frittofen, der schwächern Hitze ausgesetzt, oder kommt, wenn es nicht so sehr aufschäumt, sogleich in die Glashäfen. Diese sind grofse, aus sehr gutem Thon geformte Tiegel, die sich zu 6 und mehr in einem gemeinschaftlichen Ofen, dem Glasofen, befinden. Die Masse wird hierin 12 bis 24 Stunden lang ge-

schmelzen, bis das Glas weder Körner, noch Streifen und Wolken, noch Blasen mehr zeigt. Die Körner sind noch unaufgelöster Quarz, sie verschwinden um so eher, je stärker die Hitze oder je größer das Verhältniß von Alkali ist; daher vermehrt man auf Glashütten, auf denen das Brennmaterial gespart wird, die Menge des Alkali's oft übermäßig und erzeugt dadurch ein Glas, welches an der Luft leicht blind wird oder, nachdem es einige Zeit der Luft ausgesetzt gewesen war, schon bei 100° rauh und schülferig wird. Die Streifen und Wolken rühren von Glasgalle her, die noch nicht Zeit hatte, sich über die Glasmasse zu erheben, und die Blasen rühren vorzüglich von zurückgebliebenem kohlen-saurem Gase her. Nach Beendigung der Schmelzung schöpft man die Glasgalle ab, formt die Glasmasse und bringt sie dann in den Temperir- oder Kühl-Ofen, worin man sie vom Glühpunkte aus allmählig immer weiter abkühlen läßt. Das Natronglas ist schmelzbarer und härter als das Kaliglas und wird zu den gewöhnlichen Zwecken vorzugsweise verwandt, während das Kron- und Krystallglas vorzugsweise Kaliglas enthält.

Die Verbindungen des Natriums mit Fluor, Chlor, Brom und Jod sind im Wasser löslich und krystallisiren in Würfeln und Oktaedern. Die wichtigste dieser Verbindungen, das *Chlornatrium*, wird theils als *Steinsalz*, theils durch Abdampfen der Salzsoolen und des Meerwassers als *Kochsalz* und *Seesalz* erhalten. Es verknistert meistens im Feuer, schmilzt in der Rothglühhitze, verdampft in stärkerer und löst sich in 2,8 Theilen kaltem und wenigstens 2,7 Theilen kochendem Wasser. Mit Schwefel ist das Natrium gleich dem Kalium in verschiedenen Verhältnissen zu röthlichbraunen Massen verbindbar, die als *Natronschwefelleber* unterschieden werden und bei deren Lösung in Wasser hydrothion- und hydrothionig-saures Natron entsteht.

G.

## N e b e l.

*Nebula*; Brouillard; *Fog*, *Mist* (sehr nasser Nebel), *Haze* (sehr dünner Nebel, das was in einem niederdeutschen Provinzialismus *Duft* heist).

Es ist bereits an mehreren Stellen dieses Werkes über den Wassergehalt der Atmosphäre und überhaupt über die Bestand-



theile der letzteren behandelt worden<sup>1</sup>. Wenn also hier von den Nebeln im Besonderen die Rede ist, so darf ich das eigentliche Wesen und die specielle Beschaffenheit derselben ohne Weiteres in Betrachtung ziehen. Zunächst versteht man nämlich unter Nebel eine mehr oder minder dichte, eben daher auch ungleich durchscheinende und die Luft verfinsternde Anhäufung von Dunstbläschen, deren Unterschied von den Wolken zwar nicht scharf bezeichnet werden kann, im Ganzen aber von der Art ist, daß man in den Mittheilungen hierüber ohne eigentliche Mißverständnisse leicht verständlich wird. Es giebt indess verschiedene nebelartig in der Atmosphäre schwebende Substanzen, welche insgesamt Nebel genannt, zugleich aber durch bezeichnende Beiwörter unterschieden werden, und es ist daher am zweckmäßigsten, zuerst von den feuchten Nebeln und demnächst von den verwandten Erscheinungen zu handeln.

### A. Feuchte Nebel.

Die feuchten oder schlechtweg sogenannten Nebel bestehen aus wässerigen Dunstbläschen, oder aus Wasserdunste, dessen eigenthümliche Beschaffenheit bereits ausführlich erörtert worden ist<sup>2</sup>. Aus dem hierüber Gesagten folgt von selbst, daß der Nebel nur in einer mit Wasserdampf gesättigten Luft existiren kann, indem die nicht gesättigte in sehr kurzer Zeit den entstandenen Dunst, nachdem er durch seine sensible, hierdurch aber latent werdende Wärme in Dampf verwandelt worden, in sich aufnehmen würde, wie tägliche Erfahrungen durch die Beobachtung der nahe über der Oberfläche des heißen oder siedenden Wassers schwebenden Dünste genugsam beweisen. Wenn daher DE LUC<sup>3</sup> und AL. V. HUMBOLDT<sup>4</sup> das Gegentheil gefunden haben, so liegt die Ursache hiervon in der Unvollkommenheit des gebrauchten Fischbeinhygrometers, wie KÄMTZ<sup>5</sup> richtig bemerkt, dessen eigene Versuche, eben so wie die früheren von DE SAUSSURE<sup>6</sup>,

1 Vergl. Art. *Meteorologie*, wo die übrigen Stellen nachgewiesen sind.

2 Vergl. Art. *Dunst* Bd. II. S. 644.

3 *Idées sur la météorologie*. II. Tom. Lond. 1786. S. T. II. p. 38.

4 *Voyage cot.* T. IV. p. 261.

5 *Meteorologie* Th. I. S. 366.

6 Versuch über die Hygrometrie. Leipz. 1784. §. 324.

die Thatsache selbst außer Zweifel setzen. Uebrigens erzählt auch SCORSEBY<sup>1</sup>, daß LESLIE's Hygrometer im dicken Nebel zuweilen mehrere Grade der Trockenheit zeige, wonach also die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt seyn könnte. Allein auch dieses Hygrometer kann ich, aus bereits<sup>2</sup> angegebenen Gründen, nicht für absolut zuverlässig halten, insbesondere wenn die Schwierigkeit seines Gebrauches mit berücksichtigt wird. Zugleich berichtet derselbe, daß an der Küste von Newfoundland oft im dicksten Nebel Fische getrocknet werden, allein nur dann, wenn die Nebel, wie dort gewöhnlich, nicht hoch sind, so daß die Sonnenstrahlen durchdringen und also in den beschienenen Felsen und den auf ihnen befindlichen Fischen Wärme entwickeln. Es folgt demnach auch, daß die Luft, in welcher sich Nebel bilden, unter die Temperatur des Sättigungspunctes mit Wasserdampf erkaltet seyn muß, unter welcher Bedingung dann das Entstehen der Nebel leicht erfolgt. Die erforderliche Temperaturverminderung der mit Wasserdampf gesättigten Luftschichten erfolgt jedoch keineswegs ausschließlich durch Beimischung kälterer, woraus JAMES HUTTON<sup>3</sup> alle Nebelbildung zu erklären geneigt ist, sondern durch die mannigfaltigsten verschiedenen Ursachen. Es ist demnach leicht erklärlich, daß beim Zutritt der Luft unter exaltirte Campanen, in denen sich Wasserdämpfe befinden, plötzlich ein Nebel entsteht; denn entweder die eindringende Luft ist mit Wasserdampf gesättigt oder mindestens feucht, so folgt von selbst, daß der Raum unter der Campana nicht den in ihr schon vorhandenen und den hinzukommenden Wasserdampf fassen kann; oder sie ist trocken, aber auch dann wird sie den eingeschlossenen Wasserdampf so schnell in einen kleinern Raum zusammenpressen, daß ein Theil desselben zur Dunstform übergehen muß. Umgekehrt beobachtete JOHN ROSEBUCK<sup>4</sup> im Gebläsekasten des Hochofens zu Devonshire das plötzliche Entstehen eines Nebels, als die Compression der Luft nach dem Anhalten des Gebläses aufhörte, welche Erscheinung aus der durch die

1 Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang u. s. w. 1822. Uebers. von Kries. 1825. 8. 8. 201.

2 S. Art. *Hygrometer*.

3 Edinb. Phil. Trans. Vol. I.

4 Aus Trans. of the Roy. Soc. of Edinburgh. T. V. N. 2. in G. A. IX. 51.

Expansion der eingeschlossenen Luft bedingten Kälte erklärlich wird.

Schwerlich giebt es irgend einen Ort auf der Oberfläche der Erde, wo niemals ein Nebel gebildet würde, ausgenommen diejenigen Gegenden, woselbst wegen übergroßer Trockenheit der Luft Regen und selbst Thau gänzlich fehlen, namentlich im Innern der asiatischen und africanischen Sandwüsten. Obgleich nämlich die Temperatur an einigen Orten daselbst während der Nacht beträchtlich herabsinkt, so ist es doch wegen der nachhaltenden Wärme des dürrn Sandbodens kaum möglich, daß sie unter den Sättigungspunct der Luft mit Wasserdampfe herabgehen und dadurch die Bildung des Nebels bedingen sollte. Es sind daher allerdings Gründe vorhanden, die Vermuthung von KÄMTZ<sup>1</sup> für richtig zu halten, daß die von Reisenden in jenen Gegenden beobachteten Nebel trocken und hauptsächlich aus feinen Staubtheilchen bestehend gewesen seyn mögen. Im Ganzen ist die Menge des Nebels an den verschiedenen Orten sowohl rücksichtlich seines öftern Erscheinens, als auch seiner Dichtigkeit der vorherrschenden Feuchtigkeit und dem leichteren oder häufigern Wechsel der Temperatur proportional. Am anhaltendsten und dicksten sind sie daher an den Küsten des Meeres oder großer Seen, und zwar in steigender Progression von den Wendekreisen an bis zu den Polarkreisen, von welcher Grenze an sie jedoch nach Beobachtungen und Wahrscheinlichkeitsgründen wieder abnehmen. Unter den Polen selbst nämlich hindern schon die anhaltend langen Nächte und der ganz erstarrte Boden den Wechsel der Temperatur, und außerdem ist die letztere so niedrig, daß die Luft überhaupt keine große Menge von Wasserdampf enthalten kann.

Auf dem *offenen Meere* bietet die unermessliche vorhandene Wassermenge die Mittel dar, die atmosphärische Luft mit Feuchtigkeit zu sättigen, und wenn dann die Temperatur sinkt, so ist hierdurch die Bedingung zur Nebelbildung gegeben. Die regelmäßigen Passatwinde sind jedoch trocken und hindern somit die Sättigung der Luft mit Dampf, sobald aber die Schiffe über den Bereich derselben hinauskommen, haben sie Nebel zu erwarten. LA PÉROUSE<sup>2</sup> erzählt daher, daß sein Schiff am

<sup>1</sup> Meteorologie Th. I. S. 372.

<sup>2</sup> Voyage de la Pérouse autour du Monde, publié par MILLET-MURRAU. Par. 1797. IV. Tom. T. II. p. 131.

9ten Juni 1786 unter 30° N. B. die Grenze des Passatwindes überschritt, worauf dann bald der Himmel trübe wurde, und schon am 9ten unter 34° N. B. stellte sich ein bis zum 14ten anhaltend fortdauernder Nebel ein, welcher jede Beobachtung am Himmel unmöglich machte. Ungleichheit und Wechsel der Temperatur sind jedoch noch weit häufiger und stärker an den *Küsten*, wo die genügende Menge des Wassers zum Verdampfen nicht fehlt und der feuchte Boden nebst der über ihm befindlichen Luft durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen stärker erhitzt wird, nach dem Aufhören dieses Erwärmungsmittels aber schneller und stärker erkaltet, als das in dieser Hinsicht minder veränderliche Wasser. Diese allgemeine Ursache kann obendrein noch durch örtliche Bedingungen verstärkt werden, wie dieses namentlich an den englischen und norwegischen Küsten, desgleichen im Canale der Fall ist, wohin das wärmere Meereswasser des Golphstromes fließt, und umgekehrt an der Ostküste von Nordamerica, wohin die Strömung des kalten Wassers der Polarmeere gerichtet ist. LA PÉROUSE<sup>1</sup> klagt daher sehr über die anhaltenden und unaussethlich dicken Nebel an den Küsten von Neuschottland, Neufundland und der Hudsonsbay, noch mehr aber darüber, daß die Küste von Monterey und überhaupt von Californien fast unausgesetzt in dicke Nebel gehüllt ist, mehr als die Ostküste von China, der chinesischen Tartarei und von Labrador. Aehnliche Klagen führen COOK, ROSS, PARRY, SCORESBY und andere, aber die Sache ist schon aus den Berichten älterer Reisenden so bekannt, daß die neueren sie nur als solche kurz erwähnen. So sagt unter andern KOTZEBUE<sup>2</sup>, daß an der Küste von Kamtschatka 18 Tage unter beständigem Nebel und feinem Regen verstrichen, und v. CHAMISSE<sup>3</sup> von den Küsten der Insel St. Laurentii, Unalaschka, der Bucht von Avaschka und San Francisco, daß zur Sommerzeit auf dem Meere ein dicker Nebel ruht, welcher sich nur auflöst, wenn er vom Winde über das wärmere Land getrieben wird. DE LA PILAYE<sup>4</sup> berichtet von seinem Aufent-

---

1 Reise T. II. p. 383.

2 Entdeckungsreise in d. Südsee u. s. w. Weimar 1821. 4. Th. II. S. 109.

3 Ebendas. Th. III. S. 161.

4 Mém. de la Soc. Linn. T. IV. p. 462.

balte auf Terre neuve unter 47° bis 50° N. B., daß dicke, vom Meere kommende Nebel regelmäßig sich nur im Mai und September zeigen, an den Küsten aber häufiger sind, sehr fein zu seyn scheinen, indem sie nicht nass machen, selten oder nie durch einen Geruch kenntlich werden, die Menschen aber zur Trägheit stimmen, ja diesen Einfluß auch auf die Thiere haben. Sie zeigen sich bei unruhiger See und bei gänzlicher Windstille. Selbst an der Küste von Peru wird die Schifffahrt zuweilen durch die daselbst vier bis fünf Monate hindurch herrschenden Nebel nach von HUMBOLDT<sup>1</sup> gefährlich oder mindestens beschwerlich, am bekanntesten aber sind die Nebel an den niederländischen Küsten, namentlich zu Amsterdam, wo die durch sie veranlasste Dunkelheit verursacht, daß Wagen gegen einander fahren und Fußgänger in die Canäle gedrängt werden<sup>2</sup>. Norwegens westliche Küsten haben viele und dicke Nebel, welche namentlich die Buchten oder Fiörden füllen. Ihr Ursprung läßt sich leicht daraus erklären, daß der aus dem wärmeren Meere aufsteigende Wasserdampf über dem kälteren Erdboden oder in den minder warmen Räumen der Fiörden niedergeschlagen wird; schwerer erklärlich ist, daß auch in der Gegend von Tornö selbst im hohen Sommer oft anhaltende Nebel herrschen, bis der trockne Nordwind sie verscheucht. MAUPERTUIS<sup>3</sup> leitet sie von der starken Erhitzung des Bodens in den langen Sommertagen ab, welche Ursache um so wirksamer ist, je mehr Wasserdampf namentlich in den kälteren Jahreszeiten vom Bottnischen Meerbusen herbeigeführt und in den kalten gebirgigen Gegenden niedergeschlagen wird, woraus sich die vielen dortigen Quellen, Sümpfe, Bäche und Flüsse leicht erklären lassen.

Auch die *Ufer großer Seen* sind häufig mit dichtem Nebel bedeckt, wie namentlich ANDREW ELLICOT<sup>4</sup> am See Erie beobachtete, kleinere dagegen gleichen rücksichtlich dieses ihres Verhaltens mehr den Flüssen, über denen man häufig eine ihrem Laufe folgende Nebelschicht wahrnimmt, wenn die umgebende Atmosphäre völlig heiter ist. Dieses vielfach beobachtete,

1 Aus Journ. de Phys. LIX. 429. in G. XX. 289.

2 Vergl. MUSSCHENBROEK Introd. §. 2319.

3 Figure de la Terre p. 19.

4 Transact. of the Amer. phil. Soc. T. IV.

in heiteren Sommernächten oft sehr interessante Phänomen ist zuerst durch HUMPHRY DAVY vollständig erklärt und kann gegenwärtig wiederum zur Aufhellung verwandter Erscheinungen dienen. Wenn nämlich an heiteren Abenden die Temperatur merklich herabgeht und reichlicher Thau fällt, so bemerkt man häufig über Wiesengrunde mit kurz geschornem Rasen eine wenige Fuß über der Erde entstehende, nicht sehr dicke und oft nur wenig ausgebreitete Nebelschicht, welche zuweilen sehr schnell entsteht, nicht selten dünner oder auch dicker wird, und in einigen Fällen durch einen frischen Wind zerstiebt völlig verschwindet, um nach einiger Zeit abermals zu entstehen; in nicht seltenen Fällen erhält sie sich jedoch, und zwar dann meistens in größerer Dicke, die ganze Nacht hindurch und wird erst durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen am Morgen in Dampf aufgelöst.

Was hiernach über feuchtem Wiesengrunde, hauptsächlich in Niederungen, geschieht, ereignet sich eben so häufig über *Flüssen*, jedoch mit dem Unterschiede, daß die über diesen gebildeten Nebel dichter und an den Seiten schärfer, oft gleichsam durch verticale, fast ebene Flächen begrenzt sind. In der Regel verschwinden auch diese Nebel beim Aufgang der Sonne, zuweilen erhalten sie sich jedoch bis einige Stunden später. H. DAVY hat dieses Phänomen auf vielen, namentlich deutschen, Flüssen anhaltend und gründlich untersucht und hat hierdurch aufgefunden, daß die Ursache desselben lediglich in einem Unterschiede der Temperatur des Wassers und der Luft über demselben zu suchen sey. Durch den Einfluß der Sonnenstrahlen wird nämlich der Erdboden und die ihn berührende Luft am Tage zwar wärmer als das Wasser, nach dem Eintritte der Abendkühlung aber geht die Temperatur der erstern sehr bald unter die des letzteren herab<sup>1</sup>, das Wasser erzeugt hauptsächlich in Folge seiner großen specifischen Wärmecapacität eine Menge Wasserdampf, welcher in die kältere Luft aufsteigt, daselbst niedergeschlagen wird und den Nebel bildet,

---

1 Nach DAVY und fast allen andern Physikern geschieht dieses durch Strahlung der Wärme des Bodens gegen den heiteren Himmel. Da ich aber ein Gegner dieser hypothetischen Strahlung bin, worüber die Gründe im Art. *Wärme* angegeben werden sollen, so begnüge ich mich damit, hier bloß die Thatsache einfach mitzutheilen.

welcher Process so lange dauert, als die Temperatur des Wassers die der Luft um einen oder einige Grade übersteigt<sup>1</sup>. Später hat HARVEY<sup>2</sup> diese Versuche mehrfach wiederholt und die Sache vollkommen bestätigt gefunden, so daß die Erklärung dieses Phänomens nicht mehr zweifelhaft ist<sup>3</sup>. Die einzelnen Nebelschichten über Wiesen und feuchtem Boden, welche hauptsächlich in heiteren Herbstabenden und Nächten gebildet werden, haben mit den über Flüssen und Gewässern entstehenden so große Aehnlichkeit, daß man ihre Entstehung füglich aus der nämlichen Ursache ableiten darf, wie auch bereits durch DE LUC<sup>4</sup> geschehen ist, jedoch fehlt es hierüber bis jetzt noch an hinlänglich zahlreichen thermometrischen Messungen.

Eine minder häufige, jedoch nicht eigentlich seltene Erscheinung ist das sogenannte *Dampfen der Flüsse* bei beträchtlich starker Kälte. Nur selten geht die Temperatur der Atmosphäre plötzlich so tief herab, daß der aus dem nur wenige Grade über dem Eispunkte warmen Wasser aufsteigende Dampf sich in der kälteren Luft zu Nebel verdichtet, und hat sich allmählig erst eine Eisdecke gebildet, so ist dieses unmöglich, weswegen denn das Phänomen unter die seltneren gehört. Inzwischen wird es dennoch zuweilen beobachtet und ist namentlich von mir selbst häufig über einem breiten Bassin beobachtet worden, in welches das Wasser von mehreren Gängen einer großen Mahlmühle sich ergoß, über welchen bei strenger Winterkälte hauptsächlich am Morgen ein so dicker Dunst ruhte, als ob er von heißem oder gar siedendem Wasser aufstiege. So viel ich mich ohne genaue Messungen erinnere, mußte die Kälte bis etwa 12° C. herabgehen, wenn die Erscheinung sich zeigen sollte, und da das heftig bewegte Wasser schwerlich viel unter dem Gefrierpunct erkältet war, so giebt jene Größe unmittelbar den Unterschied der Temperaturen an, welcher die Erscheinung

1 Phil. Trans. 1819. P. 1. p. 129.

2 Journ. of the Roy. Inst. N. XXIX. p. 53. Edinb. Phil. Journ. N. XVIII. p. 255. Ann. Ch. Phil. XXIII. p. 197. Quarterly Journ. of Sc. II. 29.

3 KÄNTZ in seiner Meteorologie Bd. I. S. 367. erwähnt, daß schon WINTERBOTTOM in Nachrichten von der Sierra-Leone-Küste S. 45. diese Erklärung gegeben habe.

4 Recherch. sur la Modif. §§. 673. 695. Idées sur la Météor. T. II. p. 81.

bedingt. Es existirt indeß außer dieser beiläufigen noch eine genauere Messung. In New-York nämlich trat am 3ten Januar 1801 nach lange anhaltender milder Witterung plötzlich starke Kälte ein, so daß nicht bloß das süße Wasser in den Cisternen, sondern auch das salzige in den Flüssen Hudson und Sound stark dampfte. Das Thermometer in freier Luft zeigte nach MITCHILL's Messungen  $12^{\circ}$  F., im Wasser der Cisterne aber  $41^{\circ}$  und im Flusswasser  $37^{\circ}$ ; letzteres hörte auf den Nebel zu erzeugen, als die Wärme der Luft bis  $12^{\circ}$  F. stieg, ersteres aber, als sie  $21^{\circ}$  erreichte, wonach die Erscheinung also für süßes Wasser durch einen Temperaturunterschied von etwa  $20^{\circ}$  F. oder  $11^{\circ}$  C., für salziges aber von  $25^{\circ}$  F. oder fast  $14^{\circ}$  C. bedingt wird, den Einfluß der Luftfeuchtigkeit nicht gerechnet<sup>1</sup>. Ähnlich ist der Nebel, welcher in kalten Wintern nicht selten bedeutend dicht aus den Oeffnungen geräumiger und warmer Keller oder beträchtlich großer Höhlungen aufzusteigen pflegt.

Eine den genannten verwandte Erscheinung ist das sogenannte Rauchen der Berge. Bei regnerischer Witterung nämlich, wenn die Luft zu wässerigen Niederschlägen vorzugsweise geneigt ist, sowohl nach einem einzelnen Regenschauer, als auch nach anhaltendem Regen, und als ziemlich sichere Anzeige fortdauernden Regenwetters, sieht man über einzelnen Stellen der Berge isolirte Nebelmassen schweben, welche dünner oder dicker, mitunter sehr dick sind und zuweilen schlauchartig aus den höhern Wolken sich beträchtlich tief herabsenken, bald eine längere Zeit ohne merkliche Veränderung sich an ihrem Orte erhalten, bald aufsteigen oder mehr herabsinken, und in ungleichen Zeiträumen dünner oder dicker werden oder durch Auflösung gänzlich verschwinden. Hat man Gelegenheit, Berge oft und anhaltend zu beobachten, so gelangt man zu der Ueberzeugung, daß die Nebelbildung über gewissen bestimmten Stellen wiederkehrend erfolgt, während andere davon frei bleiben. Die Phänomene an sich sind so häufig und gemein, daß sie keinem Meteorologen fremd seyn können, und selbst dem gemeinen Manne sind sie bekannt, aber die Erklärung derselben ist noch immer nur hypothetisch. Man nimmt nämlich an, daß die einzelnen Stellen des Erdbodens durch ihre eigenthümliche

---

<sup>1</sup> Aus Medical Repository by Mitchill and Miller. New-York 1801. T. IV. in G. XI. 474.



Beschaffenheit als schlechtere oder bessere Wärmeleiter oder wegen ihrer größeren Feuchtigkeit die Wärme in größerer Menge aufnehmen oder auch abgeben, und somit in den Luftschichten über ihnen den Niederschlag bewirken. Ungleichheiten dieser Art, durch hohle Räume oder eigenthümliche Felsarten bedingt, können leicht statt finden, aber es wäre zu wünschen, daß durch nähere Untersuchungen die eigentliche wirkende Ursache bestimmter aufgefunden würde, welches jedoch aus leicht begreiflichen Gründen schwierig ist. Nach der Analogie mit verwandten Erscheinungen dürfen wir schließen, daß auch diese Nebel der höheren Temperatur des Erdbodens an jenen Stellen und den in Folge dessen hiervon aufsteigenden, in der kälteren Luft niedergeschlagenen Dämpfen ihren Ursprung verdanken, indem sie hiernach eben so gut von oben herab, als von unten aufwärts gebildet zu werden scheinen, je nachdem der Niederschlag in größerer oder geringerer Höhe beginnt; daß aber manche Stellen, in Folge ihrer eigenthümlichen Beschaffenheit, namentlich wenn sie Wasserbehälter enthalten oder feuchter sind, mehr Wärme aufnehmen und diese also, eben wie die Flüsse und Seen, später wieder abgeben können, ist nicht schwer zu begreifen. Für diese Erklärung spricht auch die einzige mir bekannte, mit Messungen verbundene, Beobachtung dieses Phänomens und des ihm verwandten der Nebelbildung über Wiesen. KÄMTZ<sup>1</sup> sah nämlich bei Wiesbaden einige nach einem Regen aufsteigende Nebelsäulen und fand in einer derselben die Temperatur am Boden 14°, 8 R., in 4 Fuß Höhe aber 12°, 3. Nimmt man hinzu, daß bei regnerischem Wetter die Luft mit Wasserdampfe gesättigt ist, ihre Temperatur aber meistens herabsinkt, statt daß der Erdboden seine frühere Wärme noch eine Zeitlang beibehält, und daß die Berge eine freiere, die Nebel fortführende Luftbewegung leicht hindern können, so kann die wirkende Ursache dieser Erscheinungen kaum noch als zweifelhaft betrachtet werden.

Häufig lagern sich die Nebel in Thälern und erscheinen dann, von oben herab betrachtet, als weißliche flockige Wolken, in engen Thälern aber, namentlich in heitern Sommernächten, gleichen sie sehr täuschend einer Wasserfläche, um so mehr, als sich in ihnen benachbarte Gegenstände, nament-

1 Meteorologie Bd. I. S. 370.

lich Bäume, Bergspitzen u. s. w. spiegeln. Die Entstehung auch dieser läßt sich leicht auf die bisher angegebenen Ursachen zurückführen. Vorzugsweise aber sind die Spitzen etwas höherer Berge häufig in Nebel gehüllt, welche von unten gesehen den Wolken völlig gleichen, den in ihnen befindlichen Beobachtern aber durch ihre Undurchsichtigkeit die Aussicht in die Ebene herab rauben. Weil auf Bergen selten völlige Windstille herrscht, so sind die Nebel daselbst in den wenigsten Fällen so ruhig und bleibend, als in den Ebenen oder den Thälern, vielmehr werden sie öfter durch den Luftzug wegbewegt und bald nachher neu erzeugt; ist aber ihre Bewegung anhaltend, so gehören sie den Wolken an, die sich überhaupt durch keine scharfe Bestimmung von ihnen unterscheiden lassen.

Ehemals unterschied man *aufsteigende* und *niedersinkende* Nebel, weil man annahm, die sie bildenden Dünste kämen entweder von der Erde, oder aus der Atmosphäre<sup>1</sup>. Nach der gegebenen Darstellung werden jedoch alle Nebel in der atmosphärischen Luft aus dem in ihr enthaltenen Wasserdampfe gebildet, welcher jederzeit aus der Oberfläche der Erde aufgestiegen seyn muß, wenn gleich nicht an dem nämlichen Orte, wo er in die Dunstform übergeht. Inzwischen nimmt man noch jetzt allgemein in Folge zahlreicher Beobachtungen an, daß der bereits gebildete Nebel entweder fällt oder steigt, womit dann die wohlbegründete Witterungsregel verbunden wird, daß der aufsteigende Nebel Regen, der niedersinkende aber heiteres Wetter verkündigt. Auch dieses Verhalten läßt sich mit den allgemeinen Gesetzen der Nebelbildung sehr gut in Uebereinstimmung bringen. Es ist nämlich bereits bemerkt, daß Nebel nur in einer mit Wasserdampf gesättigten Luft entstehen können. Bekanntlich aber nimmt die Dichtigkeit der Dämpfe mit der Temperaturerhöhung zu, und wenn also die Luftschicht, worin der Nebel schwebt, wärmer wird, so muß ein Theil desselben aus der Dunstform in die Dampfgestalt übergehen und umgekehrt, woraus schon von selbst folgt, daß die Dichtigkeit der Nebel einem Wechsel unterworfen seyn kann. Wirklich beobachtet man auch häufig, namentlich bei den ruhenden Nebelmassen über Flüssen und feuchten Wiesen, daß sie abwechselnd dünner und dichter werden, zuweilen gänzlich verschwinden, zu

---

1 Encyclop. méthod. T. I. p. 328.

andern Zeiten aber, eben wie die sonstigen dichten Nebel, in die Höhe gehoben und als Wolken fortgeführt werden. Die Verdichtung der Nebel über Flüssen leitete H. DAVY und vorzüglich HARVEY aus der Strahlung ab, indem sie annahmen, daß die obern Dunstbläschen Wärme ausstrahlen, dadurch erkalten, nebst der kälteren Luft herabsinken und somit eine Verdichtung der Nebelmasse bewirken. HARVEY findet einen Beweis für diese Hypothese in der Beobachtung, daß sich die Wärme einmal in der Mitte der Nebelmasse geringer zeigte, als an der Grenze. KÄMTZ<sup>1</sup> bemerkt jedoch mit Recht, daß zur Begründung einer solchen Hypothese weit mehr anhaltende und genaue Beobachtungen erforderlich seyn würden, um so mehr als die von ihm selbst gemachten darthun, daß die Temperatur in den Nebelschichten stets geringen Schwankungen unterworfen ist, wie dieses aus dem eigenthümlichen Processe der Nebelbildung und Zerstreuung schon von selbst folgt.

Soll nämlich ein Nebel entstehen, so muß vor allen Dingen die Luft mit Wasserdampf gesättigt seyn, weswegen auch dichtere Dampfmassen über Siedehäusern, warmen Quellen, selbst über dem Stromboli, feuchtes Wetter und bevorstehenden Regen verkündigen<sup>2</sup>. Zugleich muß aber Wasserdampf von mehr erwärmtem Wasser oder feuchtem Erdboden aufsteigen, oder derselbe muß durch wärmere Luftströmungen den kälteren Regionen zugeführt werden. Indem nämlich die Dichtigkeit des Wasserdampfes durch Temperaturerhöhung stark zunimmt, so wird ein Theil desselben in Dunst verwandelt, sobald wärmere, mit Dampf gesättigte Luftmassen durch Beimischung kälterer eine Verminderung ihrer Temperatur erleiden, selbst in dem Falle, wenn die kälteren nicht mit Wasserdampf gesättigt sind, jedoch um so stärker, je mehr dieses der Fall ist. Hieraus hauptsächlich werden die sogenannten *Polarnebel* oder die dicken Nebel erklärlich, welche in den Polargegenden<sup>3</sup>, namentlich an den Küsten, z. B. der Hudsons- und Baffins-Bay, dem Lancaster-Sund, der Barrow-Strasse, dem Cap Horn u. s. w. herrschen. Wenn also die Wasserdämpfe in kältere Luftschichten vermöge ihres geringeren specifischen

1 Meteorologie Bd. I. S. 363.

2 DE LUC Recherch. sur les modif. de l'Atm. T. III. §. 609 ff.

3 HANSTEN in Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 235.

Gewichtes aufsteigen, so werden sie diese zuerst sättigen, dann aber, in Dunst verwandelt, als Nebel zum Vorschein kommen. Hierbei sind zahllose Modificationen möglich, welche sich jedoch insgesamt in der Erfahrung nachweisen lassen. Steigen nämlich die wärmeren, wasserdampfhaltigen Lufttheilchen in die Höhe und kommen sie hierbei zuerst in trockne, wenn gleich kältere Luftschichten, so werden diese gesättigt, bis sie zu einer Höhe gelangen, wo die Temperatur zu niedrig und der schon vorhandene Grad der Sättigung zu groß ist; dort beginnt dann die Nebelbildung, die tiefer liegenden Schichten werden allmählig gesättigt, mit Dunst erfüllt und die Nebelbildung geschieht scheinbar von oben herabwärts. Dafs der umgekehrte Proceß gleichfalls statt finden könne, ist ohne nähere Erläuterung für sich klar. In der Regel sind die obern Luftschichten kälter; allein es ist häufig sowohl unter höheren Breiten, namentlich im Eismeere, als auch unter niederen, hauptsächlich zur Herbstzeit, der Fall, dafs die oberen durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen, oder weil sie aus wärmeren und trockneren Gegenden herzuströmten, wärmer sind; außerdem aber können sie leicht so trocken seyn, dafs sie die in sie aufsteigenden Dampftheilchen auflösen und undurchsichtig bleiben. In allen diesen verschiedenen Fällen ereignet es sich nicht selten, dafs die Nebelschichten, wie die über Flüssen oder feuchten Wiesen, bei grofser Dichtigkeit keine bedeutende Höhe haben, so dafs sie blofs die Thäler füllen, während die Spitzen der höheren, selbst nur der 1000 oder 600 Fufs hohen Berge den heitersten Himmel zeigen, ja SCOMBERY<sup>1</sup> berichtet sogar, dafs ihre Höhe in den Polarmeeren oft nicht über die Spitze der Masten hinausragt, wobei er einstmals in 100 F. Höhe 35°, auf dem Verdeck 33°,75 dicht über dem Meerespiegel und auf der Oberfläche des Wassers 34° F. als gleichzeitig bestehende Temperaturen beobachtete. Hiernach kann der Unterschied der sogenannten fallenden und steigenden Nebel sehr leicht erklärt werden. Ist nämlich der Nebel einmal gebildet, gleichviel bis zu welcher Höhe er reichen mag, werden die oberen Luftschichten allmählig trocken, es sey durch Herbeiströmung oder Herabsinkung oder durch Erwärmung ver-

---

1 Edinb. Phil. Journ. N. XI. p. 118. Vergl. Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang u. s. w. Ueb. von Kries 8. 201.

mittelst der Sonnenstrahlen, so erfolgt eine von oben herabgehende Verwandlung des Dunstes in Dampf, oder eine Auflösung des Nebels, wonach derselbe herabzusinken scheint, und es muß dieses in Folge der Trockenheit der Atmosphäre ein Vorzeichen heiteren Wetters seyn. Ist dagegen die untere Luftschicht mit Dampf gesättigt und mit Nebel erfüllt, ist sie zugleich wärmer, so daß sie in Folge der hieraus hervorgehenden größeren Leichtigkeit aufsteigt, dauert außerdem durch die Wärme des feuchten Bodens die Verdampfung fort, jedoch so, daß der Dunst des in den unteren wärmeren Luftschichten aufsteigenden Nebels aufgelöst wird und erst in den oberen wieder als undurchsichtiges Stratum zum Vorschein kommt, so gewinnt dieser Proceß das Ansehn, als würde der Nebel gehoben und in den oberen Regionen zu Wolken verdichtet, welche später durch erfolgende Abkühlung oder Uebersättigung mit Feuchtigkeit Regen erzeugen müssen. In den meisten Fällen kommt jedoch ein bedingender Umstand hinzu, nämlich ein aufsteigender Luftstrom, welcher die Nebelmassen emporhebt, so daß sie später verdichtet als Regen wieder herabfallen. In Folge örtlicher Verhältnisse können jedoch die hierdurch gebildeten Regenschauer erst an andern Orten zum Vorschein kommen, als an denen, wo die Nebelmassen emporsteigen, namentlich wenn diese durch Luftströmungen über höhere Gebirge fortgeführt wurden. Unter andern ist dieses der Fall bei den Nebeln, welche nach CHRISTIE'S<sup>1</sup> wiederholten Beobachtungen häufig von Darwar aus auf die andere Seite der Gants-Gebirge geführt werden und dort die heftigen Regengüsse erzeugen; auch regnet es auf der Hochebene von Quito, wenn die Luftströmung stark genug ist, die Nebel aus der Tiefe dorthin zu wälzen<sup>2</sup>.

Insofern die Entstehung des Nebels durch den Grad der Feuchtigkeit des Bodens sowohl, über welchem er gebildet wird, als auch der Luftschichten, in denen er zum Vorschein kommt, und zugleich durch das Verhältniß der Temperatur beider bedingt wird, so kann dieselbe nicht füglich zu allen Tageszeiten gleich häufig erfolgen, vielmehr wird sein Erscheinen am meisten dann statt finden, wenn der Boden wärmer ist,

1 Edinb. Phil. Journ. N. Ser. N. 10. p. 302.

2 Vergl. Art. Regen.

als die auf ihm ruhende Luftschicht. Die Untersuchungen über den Thau<sup>1</sup> haben ergeben, daß der durch den Einfluß der Sonnenstrahlen am Tage erwärmte Erdboden, welcher seine steigende Temperatur allmählig der Luft zum Theil durch den in dieselbe aufsteigenden Wasserdampf mittheilt, beim Untergange der Sonne unter die Wärme der ihn berührenden Luftschichten herabsinkt, weswegen dann nur Thau, aber kein Nebel entstehen kann, und daher erscheint letzterer am Abend nur über sehr feuchten Stellen und über dem Wasser, weil dieses nicht auf gleiche Weise schnell abgekühlt wird. Daß übrigens an regnerischen Tagen und hauptsächlich bei sehr feuchter Atmosphäre zu jeder Tageszeit durch partielle Erwärmung des Erdbodens in Folge der auffallenden Sonnenstrahlen an einzelnen Stellen, und namentlich auch an Bergen, Nebelmassen gebildet werden können, folgt aus der Natur der Sache, ist auch bereits erwähnt und hauptsächlich durch die Beobachtungen und Messungen von KÄMTZ<sup>2</sup> außer allen Zweifel gesetzt worden. Später, nach dem Untergange der Sonne, kühlt sich die Luft stärker ab, so daß namentlich in unseren Gegenden während der längeren Nächte im Herbste die Temperatur derselben unter die des Erdbodens herabgeht und dann Nebel gebildet werden, welche mithin vorzugsweise um oder nach Mitternacht entstehen und bis längere oder kürzere Zeit nach Sonnenaufgang dauern. Daß sie ausnahmsweise auf dem Continente einen ganzen Tag, an den Küsten mehrere Tage, ja Wochen und Monate lang, ununterbrochen anhalten, ist bereits erwähnt worden. Auch diese sehr gewöhnlichen Nebel stehen mit der Witterung in einem gewissen Zusammenhange, indem sie im Sommer regnerisches, im Herbste dagegen heiteres Wetter verkündigen, was sich daraus leicht erklärt, daß ihr Entstehen in den kürzeren Sommernächten und bei der alsdann herrschenden höheren Temperatur einen ungleich größeren Grad der Feuchtigkeit in der Atmosphäre bezeugt. Es folgt also hieraus, daß die Zahl der Nebeltage weder an allen Orten, noch auch in allen Jahreszeiten gleich seyn kann, wenn auch die Summe derselben im ganzen Jahre für jeden Ort so ziemlich gleich ist. KÄMTZ<sup>3</sup> hat aus BUEK<sup>4</sup> und den Mann-

1 S. Art. *Thau*.

2 *Meteorologie* Bd. I. S. 369.

3 *Ebendas.* S. 371.

4 *Hamburg's Clima und Witterung* S. 112.

heimer Ephemeriden eine interessante Tabelle zusammengestellt, welche ich hier mitzutheilen keinen Anstand nehme, indem er jeden Tag einen Nebeltag nennt, an welchem sich Nebel zeigt, ohne Rücksicht auf die Dauer desselben<sup>1</sup>.

Monat	London	Cuxhaven	Hamburg	Berlin	Moskau	Stuttgart	München	Tegernsee	Peißenberg	St. Gotthard
Januar	5,0	4,1	7,4	4,4	1,9	4,4	7,4	11,2	12,8	18,5
Februar	3,9	3,2	5,6	4,2	0,9	3,8	3,2	10,9	11,0	18,5
März	3,1	2,3	5,1	2,0	2,4	5,0	3,5	13,8	14,4	22,9
April	1,6	1,5	3,6	1,4	1,2	1,0	1,7	10,6	9,1	23,7
Mai	0,4	0,5	1,9	0,0	0,2	0,2	0,7	9,8	8,6	24,2
Juni	0,2	0,7	2,0	0,4	0,7	0,6	1,2	8,4	8,0	25,7
Juli	0,0	1,3	2,1	0,7	0,7	0,6	1,2	9,7	7,1	27,7
August	1,0	1,5	2,9	0,5	1,7	0,6	1,5	10,4	6,2	25,8
September	2,5	2,2	2,9	2,3	2,3	4,0	2,0	8,8	10,2	25,6
October	5,8	3,1	6,7	5,2	3,1	5,0	7,5	13,9	16,2	23,3
November	5,5	4,5	6,0	7,2	1,9	9,2	9,3	12,8	15,3	20,9
December	4,8	4,5	6,1	5,3	1,2	4,4	7,9	14,3	14,0	20,7
Jahr	33,8	29,4	52,3	33,6	18,2	38,8	47,1	134,6	132,9	277,5

Diese Tabelle zeigt eine Ungleichheit in der Zahl der Nebeltage an verschiedenen Orten, zugleich aber, daß dieselbe im Sommer bedeutend kleiner ist, als im Winter, daß jedoch dieser Unterschied mit der Höhe abnimmt, indem mit der Zunahme der letzteren nicht bloß die Nebel im Allgemeinen, sondern auch namentlich in den Sommermonaten häufiger werden, ein merkwürdiges Gesetz, welches zwar nicht auf Hochebenen von mittlerer Erhebung anwendbar ist, wie eine Vergleichung zwischen Hamburg und München, letzteres auf einer 1658 F. hohen Ebene gelegen, zeigt, wohl aber auf Berghöhen, indem für Tegernsee von 2324 F. und Peißenberg von 3145 F. Erhebung die Menge der Nebeltage größer ist, die Unterschiede der Winter- und Sommermonate aber geringer sind, für das Hospitium auf dem St. Gotthard von 6440 F. Höhe aber das Maximum der Nebeltage in den Monat Juli fällt. Kämtz erklärt dieses Gesetz richtig aus der Abkühlung, welche die aufsteigenden wasserdampfhaltigen Luftschichten durch die Bergspitzen erhalten, und bemerkt zugleich, daß dasselbe nicht

<sup>1</sup> Die Angaben sind die mittlern Größen aus 6-, 9- und 12-jährigen Beobachtungen.

füglich mit der allgemein herrschenden Annahme von der mit der Höhe zunehmenden Trockenheit der Luft verträglich sey, welche Schwierigkeit jedoch bereits oben erörtert ist<sup>1</sup>. Zugleich aber muß in dieser Beziehung wohl berücksichtigt werden, daß die Beobachter auf hohen Bergen in ihren Registern häufig Nebel netiren, wenn sie in Wolken eingehüllt sind, und die Zahl der Nebeltage würde also sehr verschieden ausfallen, wenn der Unterschied zwischen beiden streng beobachtet würde.

Bei der Betrachtung der in den meteorologischen Registern aufgezeichneten Nebeltage ist es mir sehr aufgefallen, daß die Menge derselben nicht etwa an verschiedenen Orten, sondern in verschiedenen Jahren so außerordentlich ungleich ist und mehr von einander abweicht, als es sonst in Beziehung auf die Hydrometeore der Fall zu seyn pflegt, die sich so ziemlich alle Jahre im Mittel ausgleichen. Ob in dieser Beziehung, eben wie bei den Regenmengen, gewisse periodische Wechsel statt finden, ist in diesem Augenblicke schwer auszumitteln, weil die meteorologischen Register weder stets noch ohne Unterbrechung die Angaben der Nebeltage seit hinlänglich langer Zeit enthalten. Eine Menge Aufzeichnungen geschehen außerdem zu bestimmten Stunden des Tages und können daher nur die Angaben eines vorhandenen Nebels enthalten, wenn seine Anwesenheit gerade in dieser Zeit statt fand. Endlich hängt die Bestimmung, ob Nebel vorhanden war, sehr von der Ansicht des Beobachters ab, je nachdem er die geringern oder stärkeren, die höheren oder niedrigeren Trübungen der Atmosphäre als eigentlichen Nebel betrachtet. Bei den Engländern kommt noch obendrein der Unterschied zwischen dem leichten, trübenden Dunste (*haze*) und dem eigentlichen Nebel (*fog*) sehr in Betrachtung und selbst bei den Carlsruher Beobachtungen wird zwischen Nebel und Dunst unterschieden. Die meteorologischen Register geben daher nur eine unsichere Grundlage allgemeiner Bestimmungen, indess will ich dennoch der Vollständigkeit wegen die folgenden tabellarischen Uebersichten mittheilen.

1) In Genf waren während der letzten 10 Jahre von 1820 bis 1829 folgende Nebeltage<sup>2</sup>.

1 S. Art. *Atmosphäre* Bd. I. S. 469.

2 Aus der Biblioth. universelle.



1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	0	10	0	16	0	2	3	3	11	9
Febr.	4	5	0	0	0	0	10	1	4	7
März	1	0	0	0	0	0	1	1	1	5
April	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Mai	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Aug.	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0
Sept.	1	2	0	2	0	0	0	0	1	1
Oct.	6	0	2	0	5	5	6	5	3	22
Nov.	3	8	6	5	0	0	0	5	12	7
Dec.	3	8	0	0	3	2	5	1	10	0
Sma.	19	38	9	23	8	11	26	16	42	55

2) Diese Beobachtungen werden am besten mit denen verglichen, welche auf dem Hospitium des St. Bernhard angestellt worden sind<sup>1</sup> und die mit der lothrechten Höhe über der Meeresfläche zunehmende Menge der Nebel, wozu auch die tiefer herabsinkenden Wolken gehören, deutlich beurkunden.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	10	9	10	12	10	8	4	10	3	3
Febr.	9	1	5	8	9	6	7	3	9	5
März	10	8	5	13	10	12	3	8	14	3
April	5	8	13	13	8	10	8	15	7	15
Mai	13	12	6	10	14	13	10	11	13	9
Juni	10	12	3	0	15	12	1	8	6	7
Juli	13	9	7	11	6	7	12	3	8	7
Aug.	8	9	11	10	12	8	6	12	5	9
Sept.	17	12	9	0	10	12	8	11	9	12
Oct.	15	11	12	11	11	10	11	20	9	10
Nov.	4	4	7	4	6	13	14	9	3	7
Dec.	10	6	11	8	9	11	9	4	5	4
Sum.	124	101	99	100	120	122	93	114	91	91

3) Die nachfolgenden, in Paris angestellten Beobachtungen reihe ich zunächst hier an<sup>2</sup>; weil ich aber die vom Jahre 1827 nicht finden konnte, so habe ich mit denen vom Jahre

1 Ebendasselbst.

2 Aus Annales de Chimie et Physique.

1819 den Anfang gemacht und jene dagegen weggelassen, um auch für diesen Ort zehnjährige Angaben mitzutheilen.

1800	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29
Jan.	7	15	19	16	18	20	21	6	1	3
Febr.	3	14	19	12	7	21	15	2	0	2
März	3	4	6	4	5	13	8	0	2	1
April	0	0	3	1	0	8	0	0	0	0
Mai	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Sept.	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Oct.	0	2	1	3	10	1	6	0	1	2
Nov.	9	13	5	11	19	8	13	6	3	2
Dec.	14	15	5	23	13	15	20	5	11	3
Sum.	37	63	59	71	72	89	85	21	18	13

4) Die Londoner Beobachtungen, welche in der folgenden Tabelle enthalten sind, werden in den Gemächern der Königl. Gesellschaft angestellt und aufgezeichnet<sup>1</sup>. Es ist dabei zu bemerken, daß bloß die Angaben der eigentlichen Nebel (*thick fog, fog und foggy*), nicht aber der leichten Nebel (*haze, hazy*) aufgenommen sind, deren Zahl den hier angegebenen mindestens gleich kommt.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	5	6	2	1	8	1	7	8	10	16
Febr.	2	1	3	0	3	4	1	4	3	15
März	0	0	1	1	0	0	0	2	3	8
April	0	0	1	0	0	0	0	4	1	2
Mai	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Aug.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Sept.	0	1	0	0	0	0	1	3	1	4
Oct.	0	1	0	1	2	2	5	8	4	1
Nov.	4	3	4	6	2	3	8	20	2	11
Dec.	1	2	5	0	0	5	9	9	10	11
Sum.	12	14	16	9	15	15	33	59	38	69

<sup>1</sup> Aus den einzelnen Jahrgängen der Phil. Trans.

5) Die in Carlsruhe angestellten Beobachtungen<sup>1</sup> umfassen im Ganzen 42 Jahre, genügen aber dennoch gewifs nicht, um eine gewisse Periodicität in der Nebelbildung darauf zu gründen. Es werden darin Nebel und Dunst unterschieden und im Ganzen beträgt die größte Menge der Nebeltage in einem Jahre 23, der dunstigen aber 66, die geringste der ersteren 1, der letzteren 4; im Mittel von jenen 11, von diesen 32. Es schien mir hinreichend, nur die nämlichen 10 Jahre, wie in den übrigen Tabellen, aufzunehmen.

N e b e l - T a g e.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	0	5	0	2	5	2	2	0	3	1
Febr.	0	2	1	1	1	1	6	0	0	2
März	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sept.	0	0	0	2	2	1	0	0	1	0
Oct.	2	5	2	3	4	3	9	5	1	1
Nov.	1	3	4	11	0	2	2	2	8	3
Dec.	0	8	2	2	0	4	4	3	5	4
Sum.	3	23	9	21	12	13	23	10	20	12

1 Mitgetheilt durch H. Dr. Eisenlohr.

## Dunstige Tage.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	7	12	2	7	3	9	6	5	8	2
Febr.	10	6	2	2	4	9	7	4	8	8
März	2	3	1	0	0	2	9	6	3	3
April	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1
Mai	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Juni	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0
Juli	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
Aug.	4	0	0	1	0	0	4	0	2	3
Sept.	0	0	1	2	2	4	3	3	5	3
Oct.	4	1	7	7	6	9	6	7	9	10
Nov.	6	4	4	1	7	9	10	11	9	10
Dec.	8	4	2	3	3	17	12	6	7	12
Sum.	42	33	20	23	25	60	59	48	54	54

6) Ich selbst schreibe (in Heidelberg) dreimal täglich den Stand der meteorologischen Werkzeuge auf und bemerke die dann stattfindende Witterung. Es folgt also nicht, daß sich alle Nebeltage in diesen Verzeichnissen finden, aber gewiß die meisten, und so theile ich die folgende Uebersicht derselben mit.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	0	3	1	1	4	1	5	0	4	1
Febr.	1	8	1	0	2	1	6	0	0	0
März	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Juni	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sept.	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
Oct.	2	3	6	4	2	3	7	8	3	2
Nov.	3	1	4	11	1	3	3	2	5	2
Dec.	3	5	3	2	2	8	6	5	3	2
Sum.	12	21	15	19	13	16	28	16	16	8

Es ist bereits oben gesagt worden, daß die Nebel zwar unter höheren Breiten häufiger sind, jenseit des Polarkreises jedoch wieder seltener werden; mindestens aber finden sie in der Regel daselbst nur in den Sommermonaten statt und während des Winters ist die Kälte zu stark, als daß die Luft überall einen beträchtlichen Antheil von Wasserdampf enthalten könnte. Es scheint mir dieses hauptsächlich aus den genauen Angaben der neuesten Reisebeschreibungen hervorzugehen, die wir dem wissenschaftlichen Forschungsgeiste der Britten verdanken. PARRY<sup>1</sup> nämlich zählte während seiner Fahrt vom etwa 60sten Grade N. B. bis Port Bowen unter 73°, 25 N. B. im Juni 1824 nur 5 Nebeltage, im Juli 16, im August 23, im September 1, und von da an bis einschließend im Mai 1825 nicht einen einzigen mehr; allein es war zugleich das Maximum der Temperatur nicht mehr als 34° F. am 29sten August und das Minimum — 47°, 5 F. (— 44, 2 C.) am 2ten März. Unter noch höheren Breiten scheinen die Nebel zunehmend seltener zu werden, und wenn sie sich auch zeigen, auf allen Fall nicht anhaltend zu seyn, denn in PARRY's zweiter Entdeckungsreise und in den meteorologischen Berichten über den Aufenthalt auf der Insel Melville unter 74°, 75 N. B. findet man überall kaum oder höchst selten das Erscheinen eines Nebels erwähnt, von 81° N. B. an sind sie selbst auf dem Meere nicht häufig und in der Nähe von Spitzbergen mindestens nicht anhaltend, wenn sie gleich für kürzere Dauer häufiger, aber im Sommer meistens bei Nacht zum Vorschein kommen. Uebrigens ist das Klima in der Umgebung von Spitzbergen ungleich gelinder, als dessen hohe nördliche Lage erwarten läßt, weswegen auch die Hydrometeore dort weit stärker und zahlreicher sind, als an der Nordküste America's. Die Nebel werden daher dort häufig über dem Meere nahe an der Küste erzeugt, wenn es auf Spitzbergen selbst heiteres Wetter ist<sup>2</sup>.

Die den Nebel bildende Feuchtigkeit besteht an sich aus reinem, durch den gewöhnlichen Proceß der atmosphärischen Verdunstung emporgehobenem Wasser und kann daher als sol-

---

<sup>1</sup> Journal of a third Voyage for the discovery of a north-west passage etc. Lond. 1826. 4.

<sup>2</sup> Account of an attempt to reach the North-pole etc. Lond. 1828. 4. pp. 56, 67 u. 138.

che weder einen Geruch, noch auch einen nachtheiligen Einfluß auf die Gesundheit haben. In Beziehung auf das Letztere findet man nicht, daß Krankheiten mit der Vermehrung der Nebel zunehmen oder daß sie gar dadurch erzeugt werden, ja man will auch selbst unter den Truppen, welche eine längere Zeit in den stets nebligen Gegenden am See Erie standen, keine Zunahme von Krankheiten oder Vermehrung der Sterblichkeit wahrgenommen haben. An sich sind also die Nebel der Gesundheit nicht nachtheilig, wohl aber kann dieses der Fall seyn, in sofern die mit ihnen zugleich bestehende Feuchtigkeit der Atmosphäre die Hautausdünstung hindert oder die Wärme des Körpers zu sehr ableitet, weswegen es räthlich ist, sich gegen diesen Einfluß durch warme Kleidung und solche Mittel zu verwahren, welche die Transpiration befördern. Auf gleiche Weise kann die den Nebel bildende Feuchtigkeit die Geruchsorgane nicht afficiren, allein viele riechbare Substanzen verbinden sich leicht mit der atmosphärischen Feuchtigkeit, worauf die Erklärung des Phänomens beruht, daß verschiedene Blumen erst in der feuchteren Abend- und Nachtlust zu duften beginnen, desgleichen daß man den Regen durch den Geruch wahrnehmen kann, weil mit dem Dampfe zugleich riechbare Substanzen von dem befeuchteten Erdboden aufsteigen, und so wird es dann leicht begreiflich, wie manche Nebel, insbesondere wenn sie sich nach anhaltender Dürre einstellen, entweder durch die unmittelbar bei ihrer Bildung mit aufsteigenden verunreinigenden Substanzen riechbar werden, oder durch solche, die aus entfernten Gegenden zugleich mit der Luft herbeiströmen. In den meisten Fällen sind jedoch die eigentlichen stinkenden Nebel trocken, oder wenn die gewöhnlichen, anscheinend und im Ganzen feuchten, einen stärkeren Geruch haben, so läßt sich annehmen, daß sie mit jenen trocknen oder mit örtlich vorhandenen Substanzen verunreinigt sind, wie denn namentlich in den Städten die gewöhnlichen stärkeren Nebel häufig einen merklichen Geruch verbreiten<sup>1</sup>.

### B. Nichtfeuchte, trockne Nebel.

Die bisher beschriebenen Nebel verdienen nicht bloß die Bezeichnung *feucht* mit vollem Rechte, sondern diese drückt

<sup>1</sup> Ueber gefrierende Nebel s. Art. *Reif*.

auch ihr eigentliches Wesen aus, insofern sie bloß aus Wasserdunst bestehen. Letzterer kann dicker und dünner seyn und daher die Luft ungleich stark trüben, allein die hierdurch erzeugte Finsterniß hat ihre Grenzen; denn wenn die Dunstbläschen in zu großer Menge und von übermäßiger Dichtigkeit vorhanden sind, so vereinigen sie sich zu Wassertropfen, wie denn auch wirklich starke Nebel nicht selten verursachen, daß von den Dächern und Baumzweigen, ohne eigentlichen Regen, Tropfen herabfallen. Es läßt sich daher allerdings behaupten, daß die Luft an Durchsichtigkeit gewinnen muß, wenn die als hohle Bläschen angenommenen Elemente des Nebels zum Theil in massive Wasserkügelchen übergehen, und außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß die außerordentlich dichten Nebel hauptsächlich oder einzig über großen Städten beobachtet werden, wo ihre Dichtigkeit den Beschreibungen nach einen wahrhaft unglaublich hohen Grad erreicht. Ohne Zweifel bestehen diese allerdings hauptsächlich aus den beschriebenen feuchten Nebeln, aber es scheint mir in einem hohen Grade glaubhaft, daß sie zugleich mit anderweitigen dunstförmigen, aber trocknen, Substanzen gemengt sind, eine Ansicht, welche auch VAN MOES<sup>1</sup> von denselben hegt. Von dieser Art sind die dicken Nebel in London, welche nicht selten die Luft so verfinstern, daß den ganzen Tag hindurch in den Kaufhäusern und Werkstätten Licht gebrannt wird und die sonst so hellen Straßenlaternen nicht so viel Helligkeit verbreiten, als erforderlich ist, um die Kutscher gegen das Verirren in den Straßen zu sichern, wobei also das Gegeneinanderfahren der Wagen und das Zusammenstoßen der Fußgänger als das geringere Uebel erscheinen muß<sup>2</sup>. Unter andern herrschte daselbst ein solcher am 16. Januar 1826, während es in der Umgegend völlig heiteres Wetter war. Eben dieses ereignete sich nach DEFRANCE<sup>3</sup> zu Paris, wo am 12ten Nov. 1797 ein so dicker Nebel entstand, daß man die Straßen nicht finden konnte, die Kutscher nicht wußten, wohin sie fahren sollten, und das Licht der Laternen nur in großer Nähe gesehen wurde, ungeachtet in einiger Entfer-

1 KASTNER Archiv XII. 427.

2 THOM. FOMERON Untersuchung über die Wolken u. s. w. 3te Aufl. Leipz. 1819. S. 18.

3 Ann. de Chim. et Phys. XXXIII. 414.

nung von der Stadt gar kein Nebel herrschte. FOURCROY<sup>1</sup> will bemerkt haben, daß der Nebel sich in Gestalt gekräuselter Locken, wie Korkzieher geformt, herabgesenkt habe, und DU-FRANCE meint, der viele Rauch der Schornsteine und sonstige Ausdünstungen seyen durch herabwärtsgehende Luftströmungen niederwärts getrieben worden, wie man zuweilen auf dem Lande den Rauch herabsinken sieht, welche Erklärung jedoch ANAGOS verwirft, weil oft binnen weniger Minuten Nebel entstehen und bei völliger Windstille keine Spur davon vorhanden ist. Allein wenn über einer Stadt erkaltete Luft ruht, so kann der von dem erwärmten Boden aufsteigende Wasserdampf leicht zu Nebel verdichtet werden, welcher durch den vielen Rauch allerdings eine große Undurchsichtigkeit anzunehmen vermag, da die weit geringere Menge des letzteren auch über kleineren Ortschaften auf dem Lande in kurzer Zeit eine bedeutende Trübung verursacht. Je feuchter dann die Luft und je größer die Menge des aufsteigenden Rauches ist, um so dichter muß der entstehende *gemischte* Nebel werden, der sich eben deswegen über großen Städten und namentlich über Amsterdam so oft und von solcher Dichtigkeit zeigt, daß Fußgänger und Wagen in die Canäle gedrängt werden oder sich dahin verirren. In Wien beobachtete SCHOLZ<sup>2</sup> einen am Abende so stark sich verdichtenden Nebel, daß man die an sich hellen Straßenlaternen erst wahrnahm, wenn man dicht bei ihnen war, ja der Kutscher eines Fiakers stieg ab, um den Weg nicht zu verfehlen, und dennoch mußte die Schildwache seine Pferde in das Burghor führen, weil sie gegen die aufgestellten Gewehre rannten. In kleinern Städten und in Dörfern kommen so dicke Nebel selten oder niemals vor, nicht ungewöhnlich sind aber auch dort, wie in den großen Städten, dickere und zugleich übelriechende Nebel, und da der reine Wasserdunst die Geruchsnerven nicht afficiren kann, so muß diese Eigenschaft von beigemischten Substanzen herrühren, welche allerdings an sich trocken seyn können, ohne daß sich jedoch ihre eigenthümlichen Bestandtheile und deren Beschaffenheit genau angeben lassen; im Allgemeinen sind es solche, die durch das Verbrennen oder die Zersetzung vielfacher Stoffe erzeugt werden.

<sup>1</sup> Journ. de la Soc. des Pharmaciens de Paris. An. VI, VII et VIII. p. 303.

<sup>2</sup> G. LV. 474.



Ein der Gesundheit schädlicher Einfluss auch dieser Nebel, welche nur kurze Zeit anhalten, gehört auf allen Fall unter die Seltenheiten, wenn er anders überhaupt nachgewiesen werden kann; inzwischen redet MUSSCHENBROEK<sup>1</sup> von dem im Jahre 1733 aus Polen hergekommenen, durch einen Theil von Deutschland verbreiteten und bis nach Holland vorgedrungenen Nebel, welcher Peripneumonien und gefährliche Husten erzeugte. In England soll zu Zeiten ein bläulicher Nebel sich des Morgens auf Feldern und Viehweiden zeigen, welcher in den meisten Fällen zwar unschädlich ist, zuweilen aber gefährliche Krankheiten unter dem Hornvieh erzeugt. REES<sup>2</sup> beruft sich bei seiner Angabe hierüber zugleich auf Dr. WINKLAR<sup>3</sup>, welcher eine ähnliche Erscheinung von Italien berichtet. Ich kenne jedoch keine neueren genauen Beobachtungen hierüber und die mitgetheilten sind zu oberflächlich, als dass sich eine Prüfung und Erklärung der Thatsache darauf gründen liesse. Es ist ferner eine sehr allgemein herrschende Meinung, dass eigenthümliche schädliche Nebel in den Monaten Juni und Juli den sogenannten Brand des Getreides oder das Mutterkorn erzeugen<sup>4</sup>, allein man darf wohl mit Recht annehmen, dass diese Entartung der Fruchtkörner die Folge einer allgemein herrschenden nachtheiligen, hauptsächlich allzufechten, Witterung ist.

Außer den zuletzt beschriebenen, mindestens zum größten Theile feuchten, Nebeln giebt es jedoch entschieden auch solche, die nicht aus Dunstbläschen, sondern aus höchst feinen, dem Rauche von verbrannten Substanzen ähnlichen, Partikeln bestehen und gleich diesen in der Luft schweben. Unzählig oft sieht man über grösseren und kleineren Städten und Dörfern,

---

1 Introd. §. 1317.

2 Cyclopaedia. Art. *Mist*. T. XXIII.

3 Phil. Trans. N. 145.

4 Encyclop. meth. Part. de Phys. T. I. p. 224. MUSSCHENBROEK Int. §. 2318. Die Landbewohner nennen diesen Nebel *nielle*, Honigthau, und glauben, dass der süßliche Saft, welcher sich auf manchen Früchten zeigt und Insecten, die sogenannten Blattläuse, herbeilockt, aus der Luft herabgefallen sey. Es ist jedoch erwiesen, dass derselbe aus den Pflanzen in Folge ihres krankhaften Zustandes quillt. S. LECHN in Schwed. Abb. XXIV. 89. ERMHART Beiträge zur Naturkunde. Hann. 1792. Vergl. LAMPADIUS Atmosphärologie S. 122. Die Nebel schaden überhaupt den Früchten, hauptsächlich während der Blüthe.

insbesondere am Abend, eine solche dunkle Nebelschicht aufsteigen, welche bei größeren Städten dichter und anhaltender ist und namentlich über London auch unter den allgünstigsten Bedingungen niemals ganz fehlt. Daß diese Nebel insgesamt aus Rauche und verdampften oder verflüchtigten, größtentheils trocknen, Substanzen bestehen, unterliegt keinem Zweifel. Wenn die gewöhnlichen feuchten Nebel in größeren Höhen schweben, so verdunkeln sie das Bild der Sonne ihrer Dichtigkeit proportional bis zur gänzlichen Unsichtbarkeit desselben; es giebt jedoch auch Nebel von ungleicher Dichtigkeit, durch welche das Sonnenbild zwar gleichfalls mehr oder weniger hell glänzend, zugleich aber matt oder bläulich-weiß, insbesondere aber bräunlich roth erscheint. Man nennt diesen Nebel, welcher bald kürzere, bald längere Zeit anhält und sich ungleich seltener zeigt, Höhrauch, Höhenrauch, Heerrauch, Haarrauch, Landrauch, Sonnenrauch, Heiderauch, am besten trocknen Nebel; Brouillard sec; *Dry fog*, und ist über dessen Ursprung und Bestandtheile noch keineswegs allgemein einverstanden, obgleich beides in einigen beobachteten Fällen keinem Zweifel unterliegt. Zur Begründung einer genügenden Erklärung wird es daher am besten seyn, zuvor die vorzüglichsten Thatsachen zusammenzustellen.

THEOPHANES und mehrere alte Schriftsteller reden von einem solchen allgemein verbreiteten und die Sonne verdunkelnden röthlichen Nebel, welcher 526 im 7ten Jahre der Regierung JUSTINIAN's beobachtet wurde. Ohne Zweifel enthalten die Chroniken außerdem verschiedene, bis jetzt noch nicht allgemein bekannt gewordene, Beobachtungen dieses Phänomens, denn die bekannte nächstfolgende ist vom Jahre 1721, in welchem ein starker Höhrauch am 1sten Juni in Paris, in der Auvergne, zu Mailand u. s. w. die Aufmerksamkeit des Publicums erregte<sup>1</sup>; weit weniger war dieses im Jahre 1729 der Fall<sup>2</sup>, stärker dagegen war der im Jahre 1764, welcher gleichfalls hauptsächlich in Frankreich beobachtet wurde<sup>3</sup>. Am mei-

1 Hist. de l'Acad. 1721, p. 32. Encyclop. meth. Part. de Phys. T. I. p. 226.

2 Hist. de l'Acad. 1729, p. 3.

3 LA LANDE in Journ. de Par. 1763.

sten Aufsehen erregte jedoch der berühmte Höhrtrich im Jahre 1783. Dieser zeigte sich am frühesten, nämlich am 24ten Mai nach vorausgegangenem heiterem Wetter in Copenhagen, dann am 6ten und 7ten Juni in Rochelle, worauf er wieder verschwand, bis er am 18ten Juni meistens nach vorausgegangenem Gewittern und kalten Winden sehr allgemein und von bedeutender Dicke zum Vorschein kam. Am 19ten Juni beobachtete man ihn zuerst in Francker, am 22ten in Spydberga, am 23ten auf dem St. Gotthard und in Ofen, am 24ten in Stockholm, am 25ten in Moscau und gegen das Ende des Monats in Syrien. Derselbe verbreitete sich also über Norwegen, Schweden und Rußland; bedeckte das Meer zwischen Norwegen und Holland, war über England eben so dick als über dem europäischen Continente, erstreckte sich bis 50 Meilen vom Lande ab über den atlantischen Ocean, zeigte sich mehr und minder anhaltend über Frankreich, Deutschland, Italien, dem adriatischen und mittelländischen Meere und dehnte sich bis über einen Theil von Asien und Africa aus. In der Regel war er gleichmäßig dicht und schien in ziemlich gleicher Höhe über der Erde zu schweben, insbesondere in denjenigen Gegenden, wo zugleich eine außerordentliche Dürre herrschte, an einigen Tagen erhob er sich jedoch, namentlich auf dem St. Gotthard, dem Salève, dem Ventoux und den Alpen der Dauphiné bis zu 6000, ja 10000 F. Höhe, an andern dagegen senkte er sich so tief herab, daß die Spitzen jener Berge über ihn hervorragten, in den meisten Gegenden aber schien er sich von oben herabzusenken. Seine Dicke nahm im Ganzen vom 18ten Juni an zu, schien im Anfange des Monats Juli an einigen Orten abzunehmen, so daß man glaubte, er werde verschwinden, jedoch dauerte er mit wiederkehrender Stärke bis ans Ende desselben, zeigte sich in geringerem Maße an verschiedenen Orten noch zuweilen im August, in Kopenhagen aber dauerte er diesen ganzen Monat und verschwand allmählig bis zum gänzlichen Aufhören am 26ten September. Gleichzeitig herrschte fast überall Windstille oder ein schwacher Nordwind, jedoch waren die an einzelnen Orten zum Ausbruche kommenden Gewitter und die sie begleitenden Stürme nicht vermögend, ihn gänzlich zu zerstreuen, wenn sie ihn gleich etwas verminderten, wie denn namentlich dieses bei dem heftigen Regen zu Francker am 20ten Juni der Fall war. Sein Verschwinden erfolgte an den verschiedenen Orten unter

sehr ungleichen Umständen; an vielen war es mit Gewittern verbunden oder ging diesen voraus, z. B. in Paris nach einem schweren Gewitter am 21sten Juli, in Narbonne dagegen nach einem vom 24sten bis 26sten Juli anhaltenden Nordwinde; in Havre de Grace war er am 31sten Juli noch ungewöhnlich stark, verschwand aber nach dem Aufgange der Sonne<sup>1</sup>.

Eben so verschieden waren die ihn begleitenden Erscheinungen. An den meisten Orten herrschte eine unglaubliche Dürre und große Wärme, weswegen auch der Wein so vorzüglich gerieth, und manche Gegner der eben in Anwendung gekommenen Blitzableiter glaubten, diese verhinderten die Bildung der Gewitter. Das Unzuverlässige einer solchen auf einseitig aufgefaßte Thatfachen gegründeten Vermuthung zeigte sich jedoch durch die starken Gewitter an andern Orten, namentlich das sehr anhaltende in Genf am 12ten und 13ten Juli, die gleich heftigen in Vicenza, Padua, Neapel u. s. w., deren durch TOALDO Erwähnung geschieht, welcher diesernach glaubte, der Sommer sey durch viele und oft einschlagende Gewitter ausgezeichnet gewesen. Auch zu Kremnitz in Ungarn, zu Bezières und an verschiedenen andern Orten waren die Gewitter ungemein zahlreich und heftig. Allgemein war die Luft sehr verdunkelt und man konnte mit bloßen Augen die Sonne betrachten, die ein bräunlich rothes, am Morgen und Abende tief braunrothes oder blutrothes, zuweilen jedoch ein gelbes oder blaß-weißliches Ansehen hatte. Der Nebel zeigte durchaus keine Feuchtigkeit, vielmehr gaben die Hygrometer große Trockenheit an und das Verdunsten des Wassers der Salzsoolen erfolgte nach LAMARON schneller als gewöhnlich; meistens verbreitete derselbe einen Geruch, welcher schwefelig genannt wird, gab an einigen Orten dem Wasser des Thaues einen unangenehmen Geschmack und machte es nachtheilig für die Pflanzen, so daß namentlich in Narbonne die Wein- und Olivenblätter dadurch verdorrt seyn sollen, wenn dieses anders nicht Folge der herrschenden Dürre war. In Gröningen und Moskau vergilbten gleichfalls die Blätter und Gräser, im Neapolitanischen soll der Nebel den Thau eisenhaltig gemacht haben, des VASQUIERS beobachtete aber, daß er die Farbe der frisch ge-

---

<sup>1</sup> Vergl. BRANDS Beiträge zur Witterungskunde. Leipzig 1820. S. 174.

ersten Cautune angriff, und schloß hieraus auf die Anwesenheit von schwefeligsaurem Gas, im Grönungen und Friesland endlich wollte man bemerkt haben, daß er nicht bloß zum Husten reize, sondern auch das der Luft ausgesetzte Kupfer angreife. Durch alle diese Thatfachen wird man berechtigt, auf die Anwesenheit mineralischer Bestandtheile zu schließen. Als etwas sehr auffallendes wird aber erzählt<sup>1</sup>, daß in der Nacht des 20. Juli zu Bramley in Kent bei einem heftigen Gewitter der Blitz den Nebel entzündet habe, welcher dann nach dem Aufhören des Donners mit einem hellen und weißen Lichte, jedoch ohne alles Geräusch, so stark leuchtete, daß man dabei lesen konnte, ein Phänomen, welches ich der durch den Dunst unvollkommen abgeleiteten Elektrizität beizulegen geneigt bin.

Im Ganzen war das Phänomen so auffallend und erregte so sehr die Aufmerksamkeit aller Beobachter, daß sogleich eine Menge Beschreibungen desselben in den verschiedensten Ländern erschienen, unter andern von COTTE<sup>2</sup>, SENEBIER<sup>3</sup>, BERTHOLON<sup>4</sup>, D'ESCALE<sup>5</sup>, MOURGUE DE MONTREBON<sup>6</sup>, TOALDO<sup>7</sup>, TORCIA<sup>8</sup>, LA LANDE<sup>9</sup>, LAMARON<sup>10</sup>, BAKER<sup>11</sup>, FRANKLIN<sup>12</sup>, BEROLDINGER<sup>13</sup>, CHRIST<sup>14</sup>, WIEDENBURG<sup>15</sup>, MELANDERHJELM<sup>16</sup>, HOLM<sup>17</sup>, BRUGMANN<sup>18</sup>, und

- 
- 1 Neue Schr. der Berl. naturf. Freunde. Bd. III. S. 141.
  - 2 Journ. de Phys. XXIII. p. 801.
  - 3 Ebend. XXIV. Mai und Journ. de Par. 1788.
  - 4 Electricité des météores. T. II. p. 128. Vergl. Encyclop. meth. Part. Phys. T. I. p. 232.
  - 5 Journ. de Phys. T. XXIV. p. 18.
  - 6 Mém. de l'Acad. pour 1781. p. 754.
  - 7 Journ. de Phys. XXIV. p. 3. Mannh. Ephem. 1788.
  - 8 Deutscher Mercur. 1784. Apr.
  - 9 Journ. de Par. 1784.
  - 10 Phil. Mag. T. V. p. 80.
  - 11 Phil. Trans. 1784. p. 233.
  - 12 Manch. Mem. T. II.
  - 13 Gedanken über den so lange anhaltenden Nebel. Von F. v. B. Braunschw. 1788.
  - 14 Von der merkwürdigen Witterung des Jahres 1788.
  - 15 Ueber Erdbeben und Nebel. Jena 1784.
  - 16 Neue Schwed. Abh. Th. V.
  - 17 Vom Erdbeben auf Island im Jahr 1783 durch S. M. HOLM. A. d. Dän. Copenh. 1784.
  - 18 In einer eignen Schrift, die ich nicht erhalten konnte.

insbesondere, was sich in den Mannheimer Ephemeriden dieses Jahres<sup>1</sup> hauptsächlich von VAN SWINSEN, TOALDO, HAMMER, KÖNIG u. a. findet, die vielen Nachrichten in öffentlichen Blättern nicht gerechnet<sup>2</sup>.

Auch nach diesem sehr auffallenden und ganz ungewöhnlichen Hübnerauche hat man ähnliche Phänomene von weit geringerer Ausdehnung zuweilen und alle einzelne Fälle mit gerechnet im Ganzen ziemlich häufig beobachtet. Der Aehnlichkeit wegen muß hierzu gerechnet werden der dicke schwarze Nebel, welcher im Jahre 1819 sich über mehrern Gegenden von Nord-america, am stärksten am 23ten Nov. zu Montreal in Canada zeigte. Am Morgen fiel während seiner Dauer ein wie Tinte schwarz gefärbter Regen, worauf er verschwand und heiterem Himmel zurückließ, bis zum 25ten, als er um Mittag so dick wurde, daß man Licht anzünden mußte. Die Nachricht, daß man zugleich einen schwachen Erdstoß verspürt habe, ist nach Wahrscheinlichkeitsgründen sehr zweifelhaft, weil viele bei jeder ungewöhnlichen Erscheinung sogleich Erdbeben vermuthen, gewiß aber ist, daß um 3 Uhr Nachmittags ein Gewitter mit starkem, schwarzem Regen eintrat, worauf der Nebel verschwand<sup>3</sup>. Ein merkwürdiger trockner Nebel zeigte sich am 18ten August 1821 über England, wo er in der Richtung von N. nach S. zog. Am Morgen dieses Tages beobachtete man ihn in Essex und London und konnte die Sonne mit bloßen Augen anblicken, die zugleich so weiß und seidenartig erschien, daß die Landleute sie für einen Luftballon hielten. Am Abend desselben Tages sah man ihn zu Paris und schon am 19ten zu Viviers, wo er dem von 1783 sehr ähnlich zu seyn schien und erst am 30sten gänzlich verschwand<sup>4</sup>. Nach BARROW<sup>5</sup> erscheint die Insel Madeira fast unausgesetzt in eine dicke schwarze Wolke gehüllt, welche um Mittag wie ein lockeres Vlies über den Gipfeln der Berge schwebt, gegen Abend sich tiefer herabsenkt und während der Nacht Stadt und Gegend zu bedecken scheint.

1 Ephemerides Soc. met. Palat. Mannh. 1785.

2 Lausitzer Provinzialblätter. Görlitz 1785. Th. V, Deutscher Mercur. 1783. Oct. Hübner's phys. Tagebuch. Bd. I, S. 1, u. v. a.

3 G. LXVII. 187, 218.

4 FLAUGERGUES in Ann. de Chim. et Ph. XVIII. 419. XXI. 411.

5 Reisen. Uebers. von Ehrmann. Weim. 1808.

VAN MONA<sup>1</sup> erzählt mehrere Fälle des Erscheinens trackter- und übelriechender Nebel. Viele herrschten nach ihm von 1754 bis 1766, welche man jedoch den damaligen häufigen Waldbränden zuschrieb. Auch im Juni 1782 wurde ein solcher in Holland und hauptsächlich im Haag beobachtet, später waren 1820 in Holland und zugleich in Hamburg, im Jahre 1822 zu Paris, Straßburg und Laon, 1823 in Holland und Kopenhagen, stärker aber war der von 1825, welcher in Holland vom 11ten bis 16ten Juni abwechselnd, zuweilen sehr stark und übelriechend erschien und wieder verschwand, ja sogar im Juli auf drei Tage wiederkehrte, im Monat December noch einmal zum Vorschein kam und mit Unterbrechungen einen ganzen Monat dauerte. Auch im Jahre 1826 zeigte sich in den Niederlanden Höhrauch, welcher zu Gotha ungefähr gleichzeitig beobachtet wurde<sup>2</sup> und in Belgien in den Monaten Juni und Juli abwechselnd wiederkehrte.

Unter den Beobachtungen minder allgemein verbreiteten Höhrauches theile ich hauptsächlich nur die in Deutschland gemachten mit, und es verdient überhaupt beachtet zu werden, daß sich dieses Phänomen am häufigsten in den Niederlanden und an der Nordküste Frankreichs, im nördlichen Deutschlands, seltener in England, noch seltener im südlichen Europa zeigt, vom östlichen Europa aber, mit Ausnahme des einzigen Falles im Jahre 1783, und von Asien und America ist, den erwähnten schwarzen Nebel abgerechnet, mir gar keine Beobachtung bekannt geworden. Am 25ten und in größerer Stärke am 27sten und 28sten Mai 1824 beobachtete HORNBAUM<sup>3</sup> einen starken Höhrauch, welcher nahe und entfernte Gegenstände verdunkelte und einen eigenthümlichen, dem Steinkohlendampfe ähnlichen, Geruch verbreitete. Derselbe kam mit N. W. Winde, bei heiterem, aber kaltem Wetter, verdunkelte die Sonne und nahm an Dichtigkeit so zu, daß die Feuerpolizei Untersuchungen wegen eines Brandes anstellte. Auch in Erlangen und der Umgegend wurde am 27sten, noch mehr aber am 28sten und 29sten gleichfalls kenntlicher Höhrauch wahrgenommen, insbesondere aber hat VON HOFF die kürzer dauernden Erscheinungen desselben

1 KASTNER Archiv für die gesammte Naturl. Th. XIII. S. 427. Th. XIV. S. 55.

2 Ebend. Th. XI. S. 438.

3 Ebend. Th. II. S. 432.

in den letzteren Jahren beachtet und öffentlich bekannt gemacht. Ich selbst erinnere mich, obschon aus früher Kindheit, dennoch sehr deutlich an den dicken, gelbbraunen Höhrauch von 1783, den bleichen, röthlichen Schein der Sonne, die man wie eine bloß helle Scheibe stundenlang ohne Nachtheil mit freien Augen betrachten konnte, an die unglaubliche Dürre und die allgemeine Verwunderung, welche das seltsame Phänomen insbesondere durch seine lange Dauer erregte. Seitdem habe ich mitunter einzelne, mit jener durchaus nicht vergleichbare Erscheinungen trockner Nebel wahrgenommen, bei weitem häufiger jedoch im nördlichen Deutschlande zu Hannover, als im südlichen zu Heidelberg, die jedoch selten einen ganzen Tag dauerten und wobei der trübende Dunst bei weitem dünner war, als bei jenem ausgezeichneten Phänomene. Den Geruch desselben, worüber ich aus jener früheren Zeit gar keine Erinnerung mehr habe, so lebhaft mir auch der Anblick noch jetzt vorschwebt, kann ich nicht anders als etwas scharf, dem des Rauches über großen Städten und dem durch verbrannte Steinkohlen oder Braunkohlen erzeugten ähnlich, finden.

Die Meinungen über den Ursprung und die Bestandtheile des Höhrauchs sind verschieden, kommen jedoch im Wesentlichen auf folgende drei Theorien zurück.

1) Den schwarzen Nebel von 1819 in Nordamerica war CHLADNI geneigt für kosmischen Ursprungs und aus solchen fein vertheilten Massen bestehend zu erklären, als welche die Meteorsteine bilden; allein es ist wohl genügend erwiesen, daß entfernte Waldbrände durch den erzeugten dicken Rauch ihn veranlaßten<sup>1</sup>. Auch andere sind geneigt, den eigentlichen Höhrauch oder mindestens eine Art desselben für kosmisch, also aus dem Weltraume in der Atmosphäre anlangend, und aus einer den Kometenschweifen und Sternschnuppen ähnlichen Substanz bestehend zu erklären<sup>2</sup>, allein diese Hypothese, die sich zwar nicht direct und absolut widerlegen läßt, da die Bestandtheile der Meteorsteine so verschiedenartig, die der Kometenschweife und Sternschnuppen aber völlig unbekannt sind, wird namentlich wegen der langen und anhaltenden Dauer des Höhrauchs im Jahre 1783, woraus eine fortdauernde Erzeugung

1 G. LXVII. 218.

2 KÄSTNER Handbuch d. Meteorol. Th. II. S. 47.



dasselben fast nothwendig folgen würde, in einem hohen Grade unwahrscheinlich.

2) Nach einer zweiten Meinung soll die Elektrizität die Ursache der trocknen Nebel seyn, eine Hypothese, welcher mehrere Physiker, jedoch unter verschiedenen Modificationen, anhängen. In Beziehung auf den Höhrauch von 1783 sagte LA LARRE im Allgemeinen, die Menge der Elektrizität, welche nach einem feuchten Winter durch die große Sommerhitze entwickelt worden sey, habe denselben erzeugt; CORRE meint, es seyen mineralische Ausdünstungen, begleitet von elektrischer Materie, in Folge der großen Hitze und vielen Erdbeben insbesondere aus den Bergen aufgestiegen; MARET und CASTELLI lassen Wasserdämpfe mit einer übergroßen Menge elektrischer Materie aus der Erde sich erheben und verdichtet werden; BERTHOLOM aber giebt sich viele Mühe, seine Erklärung den verschiedenen, mit dem Hauptphänomene zugleich bestehenden, Nebenumständen anzupassen, nämlich, daß eine große Quantität elektrischer Materie im Innern der Erde angehäuft gewesen sey, welche bei ihrem plötzlichen Freiwerden die mit ihr aufsteigenden Dünste fortgerissen habe, so daß also die begleitenden Erdbeben nicht Ursache, sondern gleichzeitig mit bedingte Wirkungen der angehäuften und frei werdenden Elektrizität gewesen wären. Im Wesentlichen kommen also diese gesammten Ansichten darin überein, daß die in der Erde aufgehäuften Elektrizität die nicht näher bezeichneten Bestandtheile des Nebels verflüchtigt und in die Höhe gehoben habe; inzwischen ist diese Erklärung eines Theils nicht vollständig, insofern sie die eigentlichen Bestandtheile des Nebels nicht angiebt, andern Theils streitet eine *Anhäufung* der Elektrizität in der Erde gegen die wohlbegründete Theorie über das elektrische Fluidum, welches sich eben durch den Uebergang zur Erde wieder ins Gleichgewicht setzt; auch sind keine Thatsachen vorhanden, welche zu dem Schlusse berechtigen, daß solche Substanzen, welche den Höhrauch bildeten, vorzugsweise und in so ungeheurer Menge durch dasselbe verflüchtigt würden, nicht zu gedenken, daß nach HANNA's Beobachtungen die Luftelektrizität damals keineswegs vorzüglich stark war, vielmehr die Gewitter an weit mehreren Orten ungewöhnlich fehlten, als in Menge und von bedeutender Stärke sich zeigten.

Auch neuerdings hat man die Elektrizität zur Erklärung der

trocknen Nebel im Allgemeinen von mehreren Seiten in Anspruch genommen. Nach KASTNER<sup>1</sup> giebt es vier Arten vom Höhrauch, den vulcanischen *Sonnenrauch*, den *Heiderauch*, den *Gewitterrauch*, welcher in den Zwischenzeiten der Gewitter abwechselnd erscheinen und durch einen elektrischen<sup>2</sup> Geruch sich auszeichnen soll, und einen *kosmischen*. SCHÖN<sup>3</sup> und WISEMANN<sup>4</sup> halten den Höhrauch für ein hauptsächlich durch Elektricität bedingtes Phänomen, welches die Stelle eines schwachen Gewitters vertrete; GÜNTHER<sup>5</sup> glaubt, derselbe sey von der Luftelektricität abhängig, und auch von HOFF<sup>6</sup> setzt denselben mit der Elektricität in ursächliche Verbindung, indem er namentlich bei fünfzehn Beobachtungen im Jahre 1828 fand, daß derselbe den Gewittern voranging oder ihnen folgte<sup>7</sup>. Allen diesen verschiedenen Ansichten fehlt jedoch eine genaue Bestimmung des eigentlichen Verhältnisses der Elektricität zum Höhrauche, mit Ausnahme derjenigen, wonach derselbe ein schwaches Gewitter seyn soll. Dieses aber ist an sich unmöglich; denn da ein Gewitter aus nichts anderem als einer die Elektricität stets erneuernden, also hinsichtlich ihres elektrischen Zustandes stets zwischen Ladung und Entladung wechselnden Wolke besteht, der elektrische Zustand jeder Wolke aber bekanntlich in einem steten solchen Wechsel begriffen ist, mithin jede Wolke als ein Gewitter betrachtet werden kann und auch wirklich so genannt wird, wenn ihre elektrische Spannung auch nur zu einer einzigen Entladung durch einen Blitz steigt, so müßte jede nicht zur Explosion gelangende Wolke zugleich Höhrauch und dieser um so dicker seyn, je geringer ihre elek-

<sup>1</sup> Handb. d. Meteor. Bd. I. S. 58. 84. Vergl. Archiv II. S. 427.

<sup>2</sup> Der eigenthümliche Geruch des Höhrauches wäre wohl für die Erklärung seines Ursprunges nicht ganz gleichgültig, allein die Genauigkeit der Beobachtungen erregt einigen Zweifel, wenn man gewahrt, wie sie mit der Theorie übereinstimmen. BEATHOLON bemerkte, daß er nach Schwefel rieche, weil die von ihm angenommenen Ausdünstungen schwefelig seyn sollten; den Anhängern der Erklärung durch Elektricität riecht er elektrisch, aber beide Gerüche sind kenntlich verschieden; ich selbst finde weder das eine, noch das andere.

<sup>3</sup> KASTNER Archiv X. S. 232, XVIII. S. 129.

<sup>4</sup> Ebend. S. 491.

<sup>5</sup> Ebend. IX. S. 260.

<sup>6</sup> Ebend. VIII. S. 351.

<sup>7</sup> Ebend. XV. S. 428.

trische Spannung' oder ihre wechselnde Ueberladung mit Elektricität wäre. Ergiebt sich schon hieraus die Unhaltbarkeit dieser Hypothese, so geht diese noch mehr aus den Bemühungen hervor, das eigentliche Wesen des Höhrauches auf die Wirkungen der Elektricität nach den darüber bekannten Gesetzen zurückzuführen. Zuvörderst kann die Elektricität selbst auf keine Weise Höhrauch seyn, denn abgesehen von den erwähnten Messungen HEMMEL'S und anderer, wonach die Luftelektricität im Sommer 1783 nicht stärker als sonst war, und ohne den wesentlichen Umstand zu berücksichtigen, daß in jenem merkwürdigen Sommer einige Gegenden mitten im dicksten Höhrauche von starkem Gewittern heimgesucht wurden, während sie an andern Orten ganz fehlten, müßte bei der Erregung der Elektricität durch starke Maschinen nothwendig ein dem Höhrauche ähnlicher undurchsichtiger und trockner Dunst gebildet werden, wovon nie und unter keinen Umständen irgend eine Spur vorgekommen ist. Ist es aber erwiesen, daß die Elektricität weder in dem Zustande, wie sie aus  $+$  E und  $-$  E gebunden in allen Körpern in unbestimmbarer Menge vorhanden ist, noch auch als getrennt und nach aufgehobenem Gleichgewichte bei überwiegendem  $+$  E oder  $-$  E jemals als ein dicker Nebel erscheint, wie wohl keinem vernünftigen Zweifel unterliegt, so muß sie die Bestandtheile des Höhrauches schon vorfinden oder nicht. Im ersten Falle würde sie eine durchaus überflüssige Zugabe seyn, deren Existenz aus den Beobachtungen keineswegs folgt, im zweiten aber müßte sie die Bestandtheile des trocknen Nebels erzeugen; allein sie kann zwar wohl zusammensetzen und trennen, aber noch nie ist ihr eine aus dem Nichts schaffende Kraft von irgend einem besonnenen Naturforscher ernstlich beigelegt worden. BRANTZON und andere ältere Physiker lassen die erforderlichen Bestandtheile der trocknen Nebel aus der Erde durch die Elektricität verflüchtigt werden, was aber dagegen streitet, daß die Elektricität ihre Wirksamkeit bloss im Zustande des Getrenntseyns von  $+$  E und  $-$  E zeigt, welche beide sich jedoch beim Uebergange in die Erde sogleich wieder zur Neutralität vereinigen, in der Luft aber sehen wir uns vergebens nach solchen Bestandtheilen um, welche, an sich undurchsichtig, durch Trennung oder Zusammensetzung vermittelt der im Allgemeinen nicht starken Luftelektricität in die dunkeln und nur durchscheinenden Partikelchen der trocknen Nebel, die noch oben-

drain in so überwiegender Menge plötzlich zum Vorschein kommen, verwandelt werden könnten. Dass der Geruch des Höhrauches dem der freien Elektrizität *ähnlich* seyn soll, sagt im Grande nichts, beide aber einander *ganz gleich* zu nennen, wagen selbst die Anhänger dieser Hypothese nicht und dürfte bei näherer Prüfung auch als unzulässig erscheinen. Nach VAN MORSE besteht der Höhrauch aus Wasserdunst mit freier Elektrizität, aber dann müsste derselbe künstlich gebildet werden, wenn eine kräftige Elektrisirmaschine von Nebel umgeben in Thätigkeit gesetzt würde, wobei sich zwar ein starker Geruch nach Elektrizität zeigt, aber keine Spur eines trüben Nebels, abgesehen davon, dass der Wasserdunst durch den Beitritt der Elektrizität doch unmöglich seine Wesenheit, nämlich den Feuchtigkeitszustand, verlieren kann. Es scheint mir also überflüssig, diese Hypothese weiter zu verfolgen, deren Unzulässigkeit um so deutlicher hervortritt, je mehr man sie im Einzelnen auf das untersuchte Phänomen anwendet.

3) Nach der dritten Hypothese sollen die trocknen Nebel aus dem Rauche und dem Dunste verbrannter oder durch Hitze verflüchtigter Substanzen bestehen, deren Ursprung dann im Einzelnen mit mehr oder weniger Bestimmtheit angegeben wird. Diese Erklärung ist die älteste, auch wenn man die Hypothesen von 1783 unbeachtet lässt, wonach diese und verwandte meteorische Phänomene auf die unbestimmten schwefeligen und alkalischen Dünste zurückgeführt wurden. So leitete LAFI den Nebel im Jahre 1783 vom Erdbeben in Calabrien, HICKMANN von denen auf Island ab<sup>1</sup>, TOALDO, SPALLANZANI und DAQUIN sind der Meinung des ersteren zugethan, obgleich ihnen diese Erklärung wegen des Herabsinkens des Nebels aus der Höhe und wegen seiner weiten Verbreitung einiger Schwierigkeiten zu unterliegen scheint. H. W. BRANDES<sup>2</sup> trägt zwar Bedenken, den Höhrauch von 1783 geradezu von dem Erdbeben in Calabrien oder den vulcanischen Ausbrüchen auf Island abzuleiten, meint jedoch, dass die in dem genannten Sommer so zahlreich stattfindenden Phänomene dieser Art allerdings dazu berechtigen, jenen Dunst für aus der Erde aufgestiegenen vulcanischen zu halten.

<sup>1</sup> Encyclop. meth. T. I. p. 233.

<sup>2</sup> Beiträge zur Witterungskunde u. s. w. S. 179.

Wenn es sich um den Ursprung des ausgezeichneten Höhrauches von 1783 und ähnlicher großartiger Phänomene handelt, so läßt sich die Hypothese, wonach dieser als Folge der vulcanischen Ausbrüche auf Island und des hierdurch erzeugten Rauches angesehen wird, in einem hohen Grade wahrscheinlich machen. Die bedeutendsten früheren trocknen Nebel fallen mit ähnlichen vulcanischen Katastrophen zusammen, z. B. der von 526 mit dem großen Erdbeben in Syrien, der von 1721 mit dem Erdbeben in Tauris und Georgien<sup>1</sup>; COTTE erwähnt aus einer Schrift BERTRAND's, daß das durch das große Erdbeben von Lissabon und den Ausbruch des Katlegiaa auf Island ausgezeichnete Jahr 1755 Höhrauch und stinkende Nebel gehabt habe, und im Jahre 1764 rauchte nicht bloß der Aetna bedeutend stark, sondern noch mehr der furchtbare Catopaxi, welcher lange Zeit die Luft durch ausgeworfene Asche so sehr verfinsterte, daß die Bewohner von Hambato und Takunga am 4ten April den ganzen Tag Licht brennen mußten<sup>2</sup>. Die schrecklichsten vulcanischen Ausbrüche aber, die geschichtlich genauer bekannt sind, ereigneten sich nicht bloß in Calabrien, sondern hauptsächlich auf Island im Jahre 1783, in welchem sich zugleich der dickste bekannte Höhrauch einstellte. Das Ausströmen von Rauch begann am Ende des Monats April, erreichte den höchsten Grad in den Monaten Juni, Juli, und endigte im August<sup>3</sup>, also gerade gleichzeitig mit jenem Nebel, welcher am 24sten Mai in Kopenhagen zuerst erschien und in den folgenden Monaten sich meistens mit Nord- und Nordost-Winden weiter südlich verbreitete; ja es wird ausdrücklich erwähnt<sup>4</sup>, daß die Sonne auf Island, durch den dicken Rauch kaum sichtbar, ein rothes Ansehn gehabt habe. Auf diese Weise lassen sich dann auch der eigenthümliche Geruch des Höhrauches von 1783, seine zum Husten reizende Schärfe, das Vertilgen der Insecten auf den Pflanzen in Kent durch einen während seiner größten Stärke fallenden Gewitterregen, sein Einfluß auf blankes Kupfer und frisch gefärbte Catune sehr gut erklären.

Durch alle diese übereinstimmenden Umstände muß sonach

1 Kirwan on the Variations of the Atmosphere. Ch. V. sect. 3

2 v. Humboldt Reis. Ueb. Th. III. S. 3.

3 Vergl. Art. *Vulcane*.

4 In den Mannheimer Ephem. a. a. O.

die Hypothese, welche die vorzüglich starken trocknen Nebel aus vulcanischem Rauche ableitet, überwiegende Wahrscheinlichkeit gewinnen und zugleich die Vermuthung herbeiführen, daß die ihnen ähnlichen, minder dichten und kürzere Zeit anhaltenden, welche häufig beobachtet werden, von gleichartigen Verbrennungsprocessen abzuleiten sind. Namentlich läßt sich diese Erklärung auf die häufigen vorübergehenden Erscheinungen des Höhrauches im nördlichen Deutschlande anwenden, deren einige ganz erwiesen vom sogenannten Rasenbrennen oder Moorbrennen erzeugt wurden, wie namentlich FINKKE auf das bestimmteste dargethan hat<sup>1</sup>. Auch RUD. BRANDES<sup>2</sup> theilt mehrere interessante Beispiele eines solchen Ursprunges mit, VON HOFF<sup>3</sup> redet häufig von Höhrauch mit Braunkohlendampfgeruch und VELTMANN<sup>4</sup> zeigt durch Zusammenstellung gleichzeitiger Beobachtungen, daß mehrere in der Gegend von Gotha wahrgenommene trockne Nebel, welche diesen eigenthümlichen Geruch verbreiteten, mit dem in Osnabrück erzeugten Moordampfe ohne Zweifel in ursächlichem Zusammenhange standen. VAN MONS wendet zwar gegen diese Erklärung ein, daß jener Rauch den eigenthümlichen Geruch der trocknen Nebel nicht habe, sich nur auf wenige Stunden Entfernung verbreite und nicht allezeit erzeugt werde, wenn sich Höhrauch zeige; allein diese Argumente sind offenbar von keiner großen Bedeutung. Was nämlich zuerst den Geruch betrifft, so war dieser nebst allen äußern Kennzeichen bei dem Höhrauche von 1783 von der Art, daß man auf ein Product der Verbrennung schließen mußte, weswegen auch die Italiener, denen der Geruch des vulcanischen Rauches am besten bekannt ist, denselben für ein Erzeug-

1 Dieses Moorbrennen geschieht vom Monate Mai an und später unter andern in Ostfriesland, indem der obere wurzelreiche Rasen abgehauen, aufgehäuft und angesündet wird, um die zu starken und daher nicht vermodernden Pflanzenwurzeln zu zerstören, den Boden zu erwärmen und zu düngen. 3. Naturhistorische Bemerkungen betr. eine auf vieljährige Beobachtungen sich stützende Beschreibung des Moordampfes in Westphalen u. s. w. von L. L. FINKKE. Hann. 1820. 8. Der Moorrauch in Westphalen, ein Beitrag zur Meteorologie u. s. w. von L. L. FINKKE. Lingen 1825. 8. Abhandlung vom Rasenbrennen und dem Moorbrennen von Fr. ARENDS. Hann. 1823. 8.

2 Archiv des Apotheker-Vereins u. s. w. XXII. 3. 164.

3 Kastner's Archiv. Th. I. Heft 2.

4 Ebend. Th. X. 3. 266.

nifs der Vulcane hielten, wobei auch TRATDO's Einwurf, daß er aus der Höhe herabgekommen sey, wegfällt, wenn man ihn von den isländischen und nicht den italienischen Vulcanen ableitet. Daß übrigens der Geruch des zu einzelnen Zeiten erscheinenden Höhrauches demjenigen sehr gleiche, welcher dem über Städten und selbst Dörfern als Product der Verbrennung entstehenden Rauche eigen ist, hauptsächlich wenn Braunkohlen, Torf oder Steinkohlen daselbst gebrannt werden, ist so ziemlich allgemein anerkannt und von Unbefangenen oft ausgesprochen worden; auch hatte für mich der Anblick der Sonne durch den über London unausgesetzt schwebenden Rauch mit dem, woran ich mich vom Jahre 1783 noch genau erinnere, eine überraschende Aehnlichkeit.

Der zweite Einwurf, daß nämlich der Moordampf sich nur bis auf wenige Stunden Weges Entfernung verbreite, ist durch genaue Nachweisungen von FINK in so weit genügend widerlegt, als das Fortschreiten desselben, mindestens bis auf 30 deutsche Meilen weit ohne merkliche Abnahme, factisch durch ihn dargethan worden ist<sup>1</sup>. In sehr vielen Fällen läßt sich ohnehin die Verbindung trockner Nebel mit dem Moorbrennen oder sonstigen Erzeugungen eines starken Rauches nachweisen, wie dieses namentlich GÜNTHER<sup>2</sup> bei zwei von ihm mitgetheilten Beobachtungen gethan hat, obgleich er dennoch geneigt ist, den Ursprung derselben von elektrischen Wirkungen abzuleiten. Außerdem ergiebt eine einfache Berechnung, daß nur mäßige Luftströmungen von nicht mehr als 12 Fuß Geschwindigkeit in einer Secunde den Rauch binnen einem einzigen Tage 43, 2 Meilen, also fast 3 Breitengrade weit, fortzuführen vermögen, die Meile hoch zu 24000 Fuß angenommen, so daß hiernach also der Rauch von Island nur etwa 10 Tage bedurfte, um an den französischen Küsten anzulangen.

Der dritte Einwurf gegen diese Hypothese endlich kann ohne Schwierigkeit beseitigt werden, nämlich daß der Höhrauch, namentlich auch im nördlichen Deutschland, beobachtet werde, wenn weder benachbarte Vulcane noch angezündete Moore die Luft mit Rauch erfüllen. Hierauf läßt sich nämlich erwiedern, daß diese angegebenen Ursachen zwar unter die vorzüglichsten und in größerem Maasstabe wirksamen gehören, wodurch der

1 Naturhistorische Bemerkungen u. s. w. S. 26.

2 Kastner Archiv IX. S. 260.

mehr oder minder dichte, oft sehr weit verbreitete und durch einen eigenthümlichen Geruch ausgezeichnete Rauch- erzeugt wird, aber keineswegs die einzigen sind, vielmehr geschieht eben dieses durch alle grössere, mit Feuer arbeitende Fabrikanlagen und durch viele vereinte kleinere Verbrennungsprocessen, weswegen der nebelartige Rauch über grossen Städten selten und namentlich über London nie fehlt. Wenn man aber bedenkt, wie weit bei nicht stürmisch zerstreuenden Winden oft der Rauch von einem einzigen Dampfschiffe fortgeführt wird, und die unermessliche Menge desselben berücksichtigt, welche namentlich aus den zahllosen Anlagen für Feuerarbeiten in England emporsteigt, wo an vielen Orten ganze Quadratmeilen von einem dicken Rauche überdeckt sind, so gelangt man bald zu der Ueberzeugung, wie leicht solche enorme Massen, ohne gänzlich zerstreut zu werden, bis auf mehr als hundert Meilen fortfließen können. Diese Ansicht wurde bei mir hauptsächlich hervorgerufen, als ich in der Nähe von Birmingham von einem einzigen Standpunkte aus 95 hoch hervorragende Kamine zählte, die vielen niedrigen nicht mitgerechnet, aus deren jedem eine schwarze Rauchsäule emporstieg, so dass alle vereinigt die ganze unübersehbare Fläche mit einer undurchsichtigen Rauchwolke überdeckten, und ich glaube bestimmt, dass jeder, dem ein solcher Anblick gewährt wird, die über die Entstehung des Höhrauchs aufgestellte Hypothese als richtig anerkennen wird, so dass wir also diese keinen geheimen, nicht leicht erklärbaren, sondern ganz einfachen, natürlichen und nahe liegenden Ursachen beimessen dürfen.

Aus dieser Hypothese, wonach also der Höhrauch im Allgemeinen von Verbrennungsprocessen abzuleiten ist, indem die grossartigen Erscheinungen desselben von vulcanischen Ausbrüchen, die meisten geringeren, vorzüglich in einigen nördlich europäischen Küstenländern von dem Moorbrennen in jenen Gegenden hauptsächlich, seltener wohl vom Rauche der colossalen englischen Steinkohlen-Consumtion, andere geringere und seltenere ähnlichen Erzeugungen von Rauch beizumessen sind, lassen sich alle Einzelheiten dieser Phänomene sehr einfach herleiten. Der Geruch des Höhrauches, welcher durch v. DER-SCHAU und JANSSEN<sup>1</sup> ein eigenthümlicher, brenzlich-bituminö-

---

1 Schweigg. Journ. LII. S. 332.



ser, etwas stechender, einen unangenehmen Eindruck machender und sogar Kopfschmerzen veranlassender genannt wird, stimmt ganz hiermit überein, jedoch ist derselbe in der Grafschaft Mark, wo diese Beobachtungen gemacht wurden, stärker und daher leichter kenntlich, als in südlicheren und mehr östlichen Gegenden, weil der Nebel in letzteren durch größere Zerstreuung ungleich schwächer ist. Eben diese größere Seltenheit und geringere Dichtigkeit des Höhranches im südlicheren Deutschland und in der Schweiz, wo man denselben kaum überall oder mindestens höchst selten erwähnt findet, giebt der aufgestellten Hypothese einen neuen Unterstützungsgrund. Der trockne Nebel ist nämlich am häufigsten und dichtesten in jenen Ländern, welche den großen Moorgegenden und England am nächsten liegen; er kommt in jene Districte, namentlich in die Grafschaft Mark nie mit Süd- und Ost-Winde, sondern mit nördlichen und nordwestlichen Luftströmungen<sup>1</sup>, und zwar am häufigsten im Mai, Juni und Juli, weil dann das Moorbrennen am meisten geschieht, beides aber im Monate August unter die Seltenheiten gehört; er erscheint meistens nach Gewittern, weil dann die Luftschichten aus größeren Höhen herabzusinken anfangen, welche zugleich die ihn begleitende Kälte bedingen; er ist aus gleichen Ursachen trocken, erscheint nur bei heiterem Wetter, weil stürmische Luftbewegungen ihn zerstreuen, weicht dem Regen, weil dieser ihn mit sich herabführt, und verschwindet oft plötzlich; wenn die über dem Erdboden erwärmten oder sonstige aufsteigende Luftströme ihn mit sich in die höheren, weiten Regionen führen und durch übermäßige Verdünnung ganz verschwinden machen.

Bei so vielen und so bestimmt entscheidenden Thatsachen, deren Zahl sich leicht noch vermehren ließe, scheint es mir nicht angemessen, das Phänomen noch fernerhin als ein räthselhaftes zu betrachten und Hypothesen zu seiner Erklärung aufzusuchen.

M.

## N e b e l f l e c k e .

Nebelsterne; *nebulae, stellae nebulosae*; étoiles nebuleuses; *nebulous stars*. Bei der genauen

<sup>1</sup> v. Derschau und Jansen a. a. O.

Betrachtung des Himmels bemerkt man theils schon mit bloßem Auge, noch mehr aber mit Fernröhren, lichte Gegenstände, die sich wie Wölkchen von mehr oder minderem Lichte ansnehmen und die daher Nebel, Nebelflecke genannt worden sind. Als ein solcher Nebel erscheint dem bloßen Auge der Sternhaufen im Krebse und der im Degengriffe des Perseus; aber bei diesen und mehreren andern zeigt schon die Beobachtung mit schwachen Fernröhren, daß sie aus einer Menge scheinbar nahe bei einander stehender Sterne zusammengesetzt sind und daher eben so wie das Haar der Berenice, das Siebengestirn u. a. mit allem Rechte Sternhaufen heißen sollen. Dagegen giebt es auch Nebelflecke, deren Ansehen für das bloße Auge ziemlich eben so ist, die aber, selbst mit Hülfe starker Fernröhre, ihr nebeliges Ansehen nicht verlieren, z. B. der schon mit bloßem Auge sehr gut sichtbare Nebelfleck in der Andromeda. Ueber diese Verschiedenheit haben erst HERSCHTEL's Beobachtungen eine etwas genüendere Belehrung gegeben.

Von den frühern Beobachtungen brauche ich nur wenig anzuführen. SIMON MARIUS scheint den Nebelfleck in der Andromeda zuerst bemerkt zu haben, ums Jahr 1614, und noch um das Jahr 1665 war er so wenig bekannt, daß einige Beobachter ihn für einen Kometen gehalten hatten<sup>1</sup>. Die Praesepe im Krebse und den Sternhaufen im Kopfe des Orion (den GALILEI nebula Orionis nennt) erkannte GALILEI sogleich mit seinen Fernröhren als Sternhaufen<sup>2</sup>. Den merkwürdigen Nebelfleck im Orion entdeckte HUYGENS<sup>3</sup>. Den schönen Sternhaufen im Sobieski'schen Schilde entdeckte KIRCH. Verzeichnisse mehrerer Nebelflecke und Sternhaufen haben HALLEY, MESSIER u. a. gegeben<sup>4</sup>. Auch BONZ hat durch viele eigene Beobachtungen diesen Theil der Sternkunde sehr bereichert und Abbildungen mehrerer Sternhaufen und Nebelflecke in seinen bekannten Sterncharten mitgetheilt. Aber alle diese Bemühungen erschienen als unbedeutend, sobald HERSCHTEL anfang, seine großen Telescope zu einer Durchmusterung des ganzen Himmels

1 Lubieniezki theatrum cometieum. I. p. 325. 337. 403. Mon-tucla Hist. II. 285.

2 Sidereus nuncius. Opere di Galileo Galilei. Milano 1810. IV. 332.

3 Hugonii opera III. p. 540.

4 Phil. Trans. for 1715. p. 390. Mém. de Paris pour 1771. p. 435.

anzuwenden. Seine Beobachtungen zeigten nicht nur, daß die Erscheinungen, die man, ihrer Verschiedenheit ungeachtet, unter dem Namen Nebelflecke zusammenfaßte, bei Tausenden am Himmel vorhanden sind<sup>1</sup>, sondern sie geben wenigstens einigen Aufschluß über die verschiedene Beschaffenheit derselben. Ich werde daher vorzüglich von seinen Beobachtungen und den von ihm angegebenen Folgerungen reden und einzelne andere Beobachtungen gelegentlich erwähnen.

Daß vermöge der Lichtstärke oder raumdurchdringenden Kraft der Herschel'schen Fernröhre, wodurch sie auch bei starker Vergrößerung noch dienen konnten, Gegenstände von schwachem Glanze gut zu zeigen, manche nebelige Sternhaufen sich als wirklich aus Sternen zusammengesetzt zeigen würden, liefs sich nach der Uebereinstimmung mit den Sternhaufen, die nur für das bloße Auge ein nebeliges Ansehen haben, erwarten. Wirklich war dieses auch so sehr der Fall, daß HERSCHEL in der frühesten Zeit die Meinung gefaßt zu haben scheint, es müßten durchaus alle Nebelflecke sich bei hinreichend geschärftem Blicke als Sternhaufen darstellen; eine Meinung, die er später nicht mehr als ohne Ausnahme richtig anerkannte.

Nach HERSCHEL's späteren Mittheilungen darf man es wohl als gewiß ansehen, daß man zwei wesentlich verschiedene Arten von Nebelflecken annehmen muß, und außer den Erscheinungen, die sich mit ziemlich entschiedener Sicherheit zu einer oder der andern Classe rechnen lassen, gibt es noch Gegenstände von zweifelhafter Natur. Jene zwei Hauptclassen sind erstlich die Nebelflecke, die man deutlich oder doch wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit als Sternhaufen erkennt, und zweitens die eigentlichen Lichtnebel, milchigen Nebel, die bei der Beobachtung mit stärkeren Instrumenten sich nicht so darstellen, daß man sie für Sterne halten kann, sondern die aus einer gleichförmig ausgetheilten leuchtenden Materie zu bestehen scheinen<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Phil. Transact. for 1786. p. 457. for 1789. p. 212. for 1802. p. 477. Astr. Jahrbuch 1791. S. 157. 1794. S. 150. 1807. S. 129. Auch in HERSCHEL's sämtlichen Schriften. I. Bd. S. 403.

<sup>2</sup> Ich werde mich in den Citaten auf die deutsche Ausgabe von HERSCHEL's Schriften (W. HERSCHEL's sämmtl. Schriften. Erster Bd., über den Bau des Himmels. Dresden u. Leipzig, Arnold'sche Buchh. 1826.) beziehen.

Die Sternhaufen sind sowohl ihrer Gestalt, als auch ihrer Größe und ihrem Glanze nach sehr verschieden. Als die regelmäßigste und dennoch sehr oft vorkommende Gestalt giebt HERSCHEL die kugelförmige an. In diesen kugelförmigen Sternhaufen sind zahlreiche leuchtende Punkte von gleichem Glanze auf einen kreisförmigen Flächenraum so ausgetheilt, daß sie gegen die Mitte immer mehr und mehr gedrängt erscheinen; diese Zusammendrängung gegen den Mittelpunkt geht gewöhnlich so weit, daß sie in einen leuchtenden Mittelpunkt, dessen vereinigt Lichtglanz keinen einzelnen Stern mehr zu erkennen gestattet, übergeht. Daß in diesen Sternhaufen nicht bloß scheinbar, sondern auch wirklich die Sterne einander nahe stehen, daran kann man unmöglich zweifeln. Die Sterne in ihnen müssen, so weit sie uns einzeln kenntlich sind, nicht sehr von der Gleichheit entfernt seyn, und auch ihre Austheilung in dem Raume, den sie einnehmen, müssen wir als nach allen Richtungen um den Mittelpunkt herum übereinstimmend ansehen, wobei sie indess gegen den Mittelpunkt zu auch wirklich enger zusammengedrängt stehen mögen, als gegen den Rand, indem ihr Ansehen in den meisten Fällen gegen den Mittelpunkt gedrängter erscheint, als einer gleichförmigen Austheilung angemessen ist. Hier haben sich also viele Sterne, wie man wohl sicher behaupten kann, um einen anziehenden Mittelpunkt, in welchem wir uns am liebsten einen Stern von mehr Masse denken werden, vereinigt und bilden so ein großes Sternsystem<sup>1</sup>. Um die Entfernung solcher Sternsysteme zu schätzen, bieten sich mehrere Wege dar, die jedoch alle von Vermuthungen ausgehen. Am passendsten scheint diejenige Bestimmung der Entfernung, wo man die Sterne in ihnen als ungefähr denen gleich, die uns näher umgeben, voraussetzt<sup>2</sup>. Findet man z. B., daß ein Fernrohr, welches 61mal so tief als das bloße Auge in den Raum eindringt, uns bei großer Anstrengung des Auges noch die Sterne eines Nebelfleckes, der dann ein auflöslicher Nebelfleck heisst, zeigt, und hat man sich durch andere Beobachtungen überzeugt, daß das bloße Auge bis auf 12 Siriusweiten reicht, so eignet man diesem Sternhaufen eine Entfernung von 732 Siriusweiten zu. Ein solcher Nebelfleck von

---

1 HERSCHEL S. 135.

2 Ebd. S. 341.

10 Minuten Durchmesser hätte also einen wahren Durchmesser gleich zwei Siriusweiten und in diesem Raume würde man (da die Sterne oft so gedrängt erscheinen, daß man dieses wohl annehmen darf) 60 Sterne in jedem Durchmesser, 113000 Sterne in dem ganzen Raume annehmen dürfen. Diese Sterne alle wären in einem Raume enthalten, dessen Halbmesser der Abstand von uns bis zum Sirius ist, also nach einem ganz andern Gesetze angeordnet, als die uns umgebenden Sterne, aber immer wären ihre Abstände von einander noch viel größer, als der Durchmesser unsers Planetensystems, ja, wenn man den nächsten Fixstern auch nur eine Billion Meilen entfernt setzt, ihr gegenseitiger Abstand doch noch 30000 Millionen Meilen. Diese Rechnung, die HERSCHEL in Beziehung auf einige von ihm beobachtete Nebelflecke durchführt, zeigt, daß die Voraussetzungen der Rechnung nichts in sich Widersprechendes haben. Einige dieser Sternhaufen müssen hiernach als näher und als noch lange keine Siriusweite im Durchmesser haltend geschätzt werden; andere sind entfernter, und da es Gegenstände giebt, die selbst in den stärksten Fernröhren sich nur erst so zeigen, wie andere auflösliche Sternhaufen in schwächeren Fernröhren, so ist es höchst wahrscheinlich, daß manche jener Gegenstände in der That Sternhaufen sind, die nur über die Grenzen der raumdurchdringenden Kraft aller unserer Fernröhre hinaus liegen. Dieses ist um so mehr zu vermuthen, da sich so sehr zahlreiche Gegenstände am Himmel finden, die in aller Hinsicht wie ein verkleinertes Bild eines leicht auflösliehen Nebels, und wieder andere, die wie ein verkleinertes Bild jenes verkleinerten Bildes aussehen. Bei diesen Nebelflecken, die durch kein Fernrohr als in Sterne aufgelöst erscheinen, ist offenbar von gar keiner regelmäßigen Abschätzung der Entfernung die Rede, da es ja ganz ungewiß bleibt, ob sie wirklich aus Sternen bestehen; dennoch sind folgende Betrachtungen HERSCHEL's so der Natur der Sache angemessen, daß man ihnen einiges Gewicht nicht absprechen wird<sup>1</sup>. Es giebt Sternhaufen, die mit dem 10fußigen Teleskope sehr genau so aussehen, wie andere mit dem bloßen Auge oder mit einem sehr schwachen Fernrohre, und es ist daher einleuchtend, daß man sagen wird, weil jenes Fernrohr 28mal so tief in den Raum

---

1 S. 371.

eindringt, als das bloße Auge, so könnte ein Sternhaufen, der wirklich dem bloßen Auge sichtbar ist, bei 28mal so großer Entfernung noch in jenem Fernrohre sichtbar bleiben. Daran knüpft sich also leicht der Schluss, da Sternhaufen in 144 Siriusfernern sich noch dem bloßen Auge zeigen, so mögen Sternhaufen, die sich im 10fußigen Teleskope eben so unbestimmt zeigen, 4032 Siriusfernern entlegen seyn. In so großer Ferne und vollends in den Entfernungen, die hiernach das 20fußige, das 40fußige Teleskop noch erreichte (die 4000 bis 11000, ja 35000malige Entfernung des Sirius), müßten solche Sternhaufen unter einem äußerst kleinen Winkel, zuletzt nur als etwas größere Sterne erscheinen<sup>1</sup>. Diese Berechnungen geben uns daher Grund zu vermuthen, daß unser Auge noch bis zu der 10000fachen Entfernung des Sirius eben solche Sternsysteme entdecke, und da sich hiermit die Ueberzeugung von der Unendlichkeit der sichtbaren Welt, von der Unmöglichkeit, daß ein irdisches Auge ihre Grenzen erreichen könne, verbindet, so ist die Behauptung, daß manche jener Nebelflecke sich in Entfernungen von 100000 Billionen Meilen befinden mögen, in Entfernungen, aus denen das Licht erst in einer langen Reihe von Jahrtausenden zu uns gelangt, nicht als eine unglaubliche zu betrachten, sondern wir *sehen* in ihr, was wir, durch innere Nothwendigkeit getrieben, *glauben*, daß für die Größe des Weltbaues, für das Werk des Unendlichen, jedes irdische Maß, jede menschliche Phantasie zu begrenzt ist.

Aber nicht alle Sternhaufen haben diese nach der Mitte immer gedrängtere Kugelform. Bei manchen, wenn sie auch kugelförmig sind, scheint die Austheilung der Sterne mehr gleichförmig; bei andern scheint ein Zusammendrängen gegen mehrere Mittelpunkte statt zu finden; noch andere sind gleichsam an einander gereiht oder haben die Gestalt eines Ringes, so als ob aus dem mittleren Raume sich die Sterne rings herum zusammengedrängt hätten. Nach HERSCHEL's Beobachtung ist der Himmel um diese Sternhaufen herum meistens so dunkel, daß sich der Gedanke aufdrängt, alle Sterne aus der entfernten Umgebung hätten sich gegen jene Mittelpunkte zusammengedrängt. In Rücksicht ihrer gegenseitigen Lage glaubte HERSCHEL auch<sup>2</sup> etwas Merkwürdiges zu finden, daß sie nämlich

---

1 S. 255.

2 S. 77.

in Schichten oder Reihen geordnet sind, die durch weite Räume fortlaufen, und daß sie sofern der Milchstraße gleichen, als auch diese eine Schicht zusammengeordneter Sternhaufen zu seyn scheint. Eins dieser Nebellager war so reichhaltig, daß in 36 Minuten 31 Nebelflecke gesehen wurden; in einem andern waren doppelte und dreifache Nebelflecke, große mit kleinen, die wie ihre Begleiter erschienen, u. s. w. **HERSCHEL** ist, so viel ich weiß, auf diese Anordnung nicht wieder zurückgekommen, und ich bin daher ungewiß, ob bei dieser Andeutung auf die Verschiedenheiten in der Entfernung und in der Natur der Nebelflecke Rücksicht genommen worden ist, da **HERSCHEL** diese bei seinen frühern Beobachtungen noch nicht so aufgefaßt hatte.

Die zweite Art von Nebeln scheint nicht aus Sternen zusammengesetzt zu seyn. Allerdings bleibt es, wie ich schon erwähnt habe, oft zweifelhaft, ob nicht noch vollkommenere Fernröhre den milchigen Nebel in einen auflösbaren Nebel verwandeln würden, und **HERSCHEL** glaubte z. B. bei seinen frühern Beobachtungen den Nebel in der Andromeda so zu sehen<sup>1</sup>, daß er in seinem glänzendsten Theile sich den auflösbaren Nebeln näherte; aber in manchen Fällen ist es wohl ganz unzweifelhaft, daß wir in den milchigen Nebeln eine ganz andere Materie sehen, über deren Beschaffenheit wir nur unvollkommene Muthmaßungen haben können. Eine sehr schwach leuchtende, vermuthlich nicht sehr verdichtete Materie, die oft sehr bedeutende Räume einnimmt, die zuweilen mit Sternen in Verbindung steht, müssen wir wohl in diesen Nebelmassen erkennen; aber ihre Bestimmung im Weltraume ist uns sehr wenig klar. **HERSCHEL** hat aus seinen Beobachtungen Folgendes über sie mitgetheilt<sup>2</sup>. Es giebt Gegenden von 1 bis 1,5 Grad im Durchmesser, die ganz mit einem unregelmäßig ausgebreiteten Nebel bedeckt sind, und ihrer sind so viele, daß schon **HERSCHEL**'s Beobachtungen zusammen 150 Quadratgrade als mit solchen Nebeln bedeckt angeben. In diesen schwachen Nebelmassen zeichnet sich nun zuweilen eine oder zeichnen sich mehrere Stellen durch größern Glanz aus, die Nebelmaterie scheint sich hier verdichtet zu haben oder uns dadurch glänzender zu werden, daß unsere Gesichtslinie länger in ihr fortläuft. Aber

---

1. S. 125.

2. S. 206.

die Vermuthung, daß die Nebelmaterie sich verdichte, daß sie, durch irgend eine stärkere Anziehung gegen einen oder gegen mehrere Mittelpuncte getrieben, sich hier mehr ansammle, gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man findet, daß mehrere Nebelmassen oft einander nahe liegen, so liegen, daß man den Gedanken faßt, sie hätten eine ehemals zwischen ihnen ausgebreitete Nebelmaterie zu sich herangezogen und dadurch zwischen sich einen leeren Raum hervorgebracht. Dieser Gedanke an ein Zusammenballen der Nebelmaterie wird dadurch bestärkt, daß viele Nebel eine rundliche Form haben und zahlreiche andere ganz entschieden oval sind; daß sehr viele Nebel in der Mitte einen stärkeren Glanz zeigen, der auf bedeutendere oder doch wenigstens nicht unerhebliche Verdichtung hinweist. Diese größere Lichtstärke ist bei einigen Nebelflecken durch leise Abstufung gegen die Mitte zunehmend, bei andern gleicht die Mitte mehr einem Kerne, der, selbst sehr verdichtet, nur noch einen dünnen umgebenden Nebel zurückgelassen hat. Endlich schliessen sich hieran die merkwürdigen *planetarischen Nebelflecke*, die eine beinahe ganz gleichförmig helle Scheibe von  $\frac{1}{2}$  Min. und selbst einer ganzen Min. Durchmesser darbieten, oft noch mit etwas Nebel umgeben sind und sich so zeigen, als ob sie schon einen gewissen Grad von Festigkeit erreicht haben, wobei sie sich aber doch immer noch von Sternen sehr wesentlich durch ein viel matteres Licht und einen größeren Durchmesser unterscheiden. Und über diese Verdichtung zu planetarischen Nebelflecken hinaus scheint nun noch ein weiterer Grad der Verdichtung möglich zu seyn, wo der Nebel in der Mitte einen Stern, nur noch mit Strahlen, mit einer nebuligen Hülle umgeben, darstellt. Diese Zusammenordnung der von HERSCHEL zahlreich beobachteten; höchst mannigfaltigen Nebelflecke scheint also wirklich darauf hinzuweisen, daß jene feine Materie, die sich uns in den ganz dünnen zertheilten Nebeln zeigt, fähig ist, sich zu leuchtenden Körpern auszubilden. Andere Nebel scheinen sich so an Sterne anzuschliessen, als ob sie im Begriff wären, sich mit den schon ganz ausgebildeten Sternen zu verbinden; die Nebelmasse umgiebt einen Stern, oder liegt zwischen zwei Sternen, oder geht in mehrere Aeste von einem Sterne aus<sup>1</sup>, oder es ist eine Nebel-



masse über mehrere Sterne so ausgebreitet, als ob sie diese umgäbe.

Ich muß mich hier damit begnügen, das, was **HERSCHEL** mit zahlreichen Beispielen bestätigt, nur mit wenigen Worten anzudeuten, und füge nur die Bemerkung bei, daß diese Abhandlungen **HERSCHEL's**, die eine in den letzten Lebensjahren gemachte Zusammenstellung seiner Beobachtungen enthalten, höchst anziehend und belehrend sind, aber doch sehr den Wunsch erregen, es möge bald ein mit starken Instrumenten ausgestatteter Beobachter alle diese Beobachtungen wiederholen, um den Grad von Wahrscheinlichkeit näher zu bestimmen, den wir diesen scharfsinnigen Vermuthungen beizulegen uns geneigt fühlen.

Diese eigentlich nebeligen Erscheinungen sind nach **HERSCHEL's** Ansicht nicht so sehr weit entfernt. Er glaubt, daß Sterne neunter Größe hinter dem Nebel im Orion ständen und daß dieser Nebel vielleicht nur mit der Entfernung der Sterne zweiter und dritter Größe übereinstimme. Die aus dem matten Glanze der Nebelflecke für ihre geringere Entfernung hergenommenen Gründe scheinen mir kein Gewicht zu haben. Aber sind sie auch nur zwei Siriusfernen von uns, so muß ein Nebel von 1 Grad Ausdehnung doch einen Raum, der mehrere hundertmal so groß als unser Sonnensystem ist, erfüllen. Daß irgend einer dieser Nebelflecke eine jährliche Parallaxe habe, ist noch von niemand beobachtet worden, also ist bis jetzt kein Grund vorhanden, anzunehmen, daß sie uns näher sind, als die nächsten Fixsterne. Dagegen hat man in dem öfter beobachteten Nebel im Orion Veränderungen wahrzunehmen geglaubt, und der ältere **HERSCHEL**<sup>1</sup> zweifelte gar nicht, daß in dem Zeitraume seiner Beobachtungen dieser Nebel seine Gestalt verändert habe. Die Vergleichung zwischen der Lage, die **HUYGENS** diesem Nebel in Vergleichung gegen die benachbarten Sterne zueignet, und späteren Bestimmungen spricht noch mehr hierfür. Aber wie trüglich diese Vergleichungen seyn können, bemerkt der jüngere **HERSCHEL**<sup>2</sup>, indem er auf die großen Verschiedenheiten aufmerksam macht, welche durch

1 S. 249.

2 Aus den Transact. of the astron. soc. in der Bibliothèque universelle. XXXIV. 81.

die Anwendung eines andern Fernrohrs und selbst durch Veränderungen in dem Zustande der Atmosphäre in dem Erscheinen dieser lichtschwachen Gegenstände hervorgebracht werden. Der jüngere HERSCHEL selbst hat daher aus eigenen Beobachtungen eine die größte Aufmerksamkeit verdienende genaue Beschreibung der einzelnen Theile dieses Nebels, denen er bestimmte Namen beilegt, gegeben, und nun erst läßt sich hoffen, daß wir bald durch Fortsetzung dieser Beobachtungen, mit gleichen Instrumenten angestellt, eine genauere Bestimmung der, im Allgemeinen wohl nicht zu bezweifelnden, Veränderungen erhalten werden. Die früheren Beobachtungen von HUYGENS, FIGARD, LE GENTIL, MAIRAN, MESSIER sind von HERSCHEL angeführt; SCHRÖTER's Beobachtungen scheinen ihm unbekannt geblieben zu seyn. Einige Beobachter haben den Raum neben diesem Nebel als auffallend schwarz angegeben, was aber doch wohl nur durch die Vergleichung mit dem Lichte des Nebelflecks, bloß scheinbar, hervorgebracht werden mag<sup>1</sup>.

Der schöne Nebelfleck in der Andromeda, der keine Veränderungen zu erleiden scheint, ist nebst den beiden kleinen benachbarten Nebeln von MESSIER genau dargestellt<sup>2</sup> worden. Des jüngern HERSCHEL's Beschreibung stimmt mit dieser Zeichnung fast genau überein.

VON HAHN hat die ganze Gegend um den nördlichen Flügel der Jungfrau als mit einem Nebel überzogen angegeben, und obgleich VON HAHN's Beobachtungen nicht die Sicherheit, wie die von HERSCHEL und SCHRÖTER, haben, so verdient doch diese Bemerkung vielleicht eine Prüfung<sup>3</sup>. Eben dieser Beobachter glaubt, daß der planetarische Nebel bei  $\mu$  der Wasserschlange seine Gestalt und Lage geändert habe<sup>4</sup>. Endlich bemerke ich noch, daß CACCIATORE's Meinung, er habe einen früher nicht vorhandenen Nebelfleck entdeckt, durch DUNLAP's Beobachtung<sup>5</sup>, die diesen Nebelfleck als schon früher vorhanden nachweist, widerlegt ist<sup>6</sup>.

B.

1 HERSCHEL's Schriften S. 383.

2 Mém. de l'Institut. de France. VIII. 266.

3 Astr. Jahrb. 1801. S. 178.

4 Ebendas. 1803. S. 106.

5 Schum. astron. Nachr. Nr. 148.

6 Vergl. den Art. *Milchstraße*.

## Nebenmonde.

*Paraselenae*; *Paraselenes*; *Paraselenes*; sind eben solche glänzende Erscheinungen in Beziehung auf den Mond, wie es die Nebensonnen in Beziehung auf die Sonnen sind<sup>1</sup>. Schon die alten Naturforscher kannten sie<sup>2</sup>. Da sie ganz ebenso entstehen, wie die Nebensonnen, so verweile ich hier nicht bei einer nähern Beschreibung und Theorie derselben, und bemerke nur, daß manche der Beobachtungen, wo man ganz nahe bei dem wahren Monde einen Nebenmond zu sehen geglaubt hat, vielleicht auf Täuschung beruhen, indem ich selbst einmal nach einer auf dem Postwagen schlaflos zugebrachten Nacht den gegen Morgen erst aufgehenden Mond trübe und doppelt gesehen habe, aber mich bald überzeigte, daß mein etwas gereiztes Auge mir ebenso den Mond verdoppelt zeige, wie ein kurzsichtiges Auge ein entferntes Licht undeutlich und vielfach sieht. Ohne gerade sicher behaupten zu wollen, daß alle bei höherem Stande des Mondes bemerkte Verdoppelungen des Mondes bloße Täuschungen ähnlicher Art waren, scheint mir doch die Bemerkung nicht unrichtig, daß auch bei einer andern, vollständig beschriebenen, Erscheinung<sup>3</sup> die Verdoppelung nicht wahrgenommen ward, wenn man den Mond durch einen Operngucker oder durch ein achromatisches Fernrohr beobachtete, und daß noch eine ähnliche Beobachtung<sup>4</sup> ganz einer solchen Täuschung ähnlich sieht. Daß aber nahe am Horizonte Nebenmonde ganz nahe neben dem wahren Monde erscheinen können, darüber werde ich im Art. *Nebensonne* Beobachtungen mittheilen.

B.

## Nebenplaneten.

Monde, Trabanten der Hauptplaneten; *Planetæ secundarii*, *Satellites planetarum*; Planètes du second ordre, Lunes, Satellites; *Satellites*, *Moons*.

---

1 S. Art. *Hof* und *Nebensonne*.

2 Plin. Hist. nat. II. 32.

3 Berlin. astronom. Jahrbuch 1812. S. 265.

4 G. XXX. 106.

Die Nebenplaneten sind Weltkörper, die nicht, wie die Hauptplaneten, eine einfache, kreisförmige oder elliptische Bahn um die Sonne durchlaufen, sondern einen Hauptplaneten so begleiten, daß sie ihre *relative* Bewegung um diesen in einer Kreisbahn oder einer Ellipse vollenden. Unser Mond ist ein solcher Körper, der, wenn wir uns die Erde als ruhend denken, sich in einer beinahe kreisförmigen Bahn, deren Mittelpunkt die Erde ist, um die Erde bewegt, allerdings aber, da er mit der Erde um die Sonne herum geführt wird, eine ungefahr cykloidische Bahn im Sonnensysteme beschreibt. Da vom Monde ein eigener Artikel handelt, so werde ich hier nur von den Monden des Jupiter, Saturn und Uranus handeln. Die übrigen Planeten haben keine Monde<sup>1</sup>.

### Monde des Jupiter.

Gleich nach Erfindung der Fernröhre bemerkte SIMON MARIUS (SIMON MAYER) in Anspach im November des Jahres 1609, daß einige kleine Sterne, immer unter einander und mit dem Jupiter in gerader Linie stehend, bald an seiner einen, bald an seiner andern Seite sich zeigten. Er beobachtete sie vom 29sten Dec. 1609 bis 12ten Januar 1610 und dann vom 8ten Februar bis in den März und überzeugte sich völlig, daß dieses Monde des Jupiter wären. Er nannte diese kleinen Gestirne dem Markgrafen von Brandenburg zu Ehren, in dessen Dienste er stand, sidera Brandeburgica. Da er aber erst 1614 seine Entdeckung vollständig bekannt machte<sup>2</sup>, so kam ihm in der Bekanntmachung eben dieser Entdeckung GALILEI zuvor, der mit einem selbst verfertigten Fernrohre diese Monde am 7ten Januar 1610 bemerkt und sodann genau beobachtet hatte. Schon in demselben Jahre machte er seine Entdeckung bekannt<sup>3</sup>, bestimmte

1 Von der ganz gewis irrigen Meinung, daß auch Venus einen Mond habe (Mém. de l'acad. de Berlin 1778), ist es jetzt nicht mehr nöthig, etwas zu erwähnen.

2 Mundus jovialis anno 1609 detectus. Noribergae 1614. Eine kurze Nachricht hat er indeß schon im Fränkischen Kalender für 1612 gegeben, wie GEHLER aus BECKMANN's Beitr. z. Gesch. d. Erfind. I. Bd. S. 117. und aus den Nachrichten der ökonom. Gesellsch. in Franken, zweitem Jahrgang (Anspach 1776), anführt.

3 Nuncius sidereus. Venet. 1610 u. Frf. 1610. Auch in den 1810 in

die Umlaufzeiten dieser Monde genau und nannte sie zu Ehren des berühmten italienischen Fürstenhauses Sidera medicea. Dieser Name ist nicht in Gebrauch geblieben. Dafs diese Entdeckung von einigen Beobachtern verdächtig gemacht wurde<sup>1</sup>, verdient kaum erwähnt zu werden; KEPLER selbst aber überzeugte sich bald von der Richtigkeit der Entdeckung und fand darin noch einen Beweis mehr für die Behauptung, dafs auch die Erde mit ihrem Monde um die Sonne laufe<sup>2</sup>.

Diese vier Jupitersmonde sind schon mit sehr schwachen Fernröhren zu erkennen, ja es hat mehrere Personen gegeben, die sich überzeugt hielten, dafs sie sie mit blofsen Augen wahrnehmen, und dieses würde, bei dem gar nicht unbedeutenden Glanze dieser Weltkörper, nach OLBERS Urtheile gewifs leicht möglich seyn, wenn sie nicht einem so sehr hellen Himmelskörper nahe ständen; der grofse Glanz des Jupiter selbst aber macht die meisten, auch sonst scharfen, Augen unfähig, das Bild der Trabanten, indem es von dem Hauptplaneten so lebhaft überglänzt wird, wahrzunehmen. Sie sind übrigens leicht zu erkennen, weil sie immer fast genau mit ihrem Hauptplaneten in einer geraden Linie stehen, und diefs deswegen, weil die Erde sich nur wenig von der Ebene, worin sie sich bewegen, entfernen kann.

Die Beobachtung dieser Monde hat später FLAMSTEAD, CASSINI, MARALDI und LALANDE beschäftigt. CASSINI gab Tafeln zur Bestimmung ihres scheinbaren Laufes heraus<sup>3</sup>. In späterer Zeit hat WARGENTIN sich vorzüglich um diese Berech-

---

Milano herausgegebenen Opere di Galileo Galilei. Vol. IV. p. 297. Galilei wunderte sich zwar bei der ersten Beobachtung darüber, dafs die Sternchen in gerader Linie standen, hielt sie aber doch für Fixsterne und sah blofs von ungefähr, „nescio quo fato ductus,“ sich am 8. Jan. wieder nach ihnen um.

1 Epist. ad Keplerum scriptae. Lips. 1718. Epist. 103.

2 Narratio de quatuor Jovis satell. a se observatis. Pragae 1610. und Dissertatio cum nuncio sidereo ad Galil. missa. Pragae 1610. 8. auch über frühere Beob. dieser Monde: de Zach Corr. astr. III. 327.

3 Ephemerides bononienses Mediceorum siderum. Bonon. 1668. Tables des satellites de Jap. reformées aux des nouv. observ. Paris. 1693. Auch in den Mém. de Paris. I. 212. X. 572. Flamstead's, Hodgson's u. a. Schriften, die ähnliche Bemühungen betreffen, führt Aves an im Repert. Comm. V. 260, 263. 265.

nung verdient gemacht<sup>1</sup>, und man hat lange Zeit sich an seine Tafeln bei der Vorausberechnung der Stellung der Trabanten und besonders ihrer Verfinsterungen gehalten; endlich aber haben DELAMBRE's noch genauere Untersuchungen vor ihnen den Vorzug gewonnen. DELAMBRE's Tafeln, deren Titel ist: *Tables elliptiques des Satellites de Jupiter, d'après la théorie de Mr. LAPLACE et la Totalité des observations, faites depuis 1662 jusqu' à l'an 1802, par DELAMBRE*, sind nach LAPLACE's Urtheile<sup>2</sup> so genau, als die Beobachtungen selbst. Wegen der Beobachtungsfehler war es nicht möglich, den Tafeln die Vollkommenheit zu geben, die man nach Maßgabe der verglichenen großen Anzahl von Beobachtungen wohl hoffte erlangen zu können.

Da man für viele Zwecke zufrieden ist, die Stellung der Jupitersmonde nur ziemlich genau zu kennen, so hat man sich dazu eines Modelles, eines *Jovilabium*, bedient, welches CASSINI erfunden und WEIDLER beschrieben hat<sup>3</sup>. GEHLER theilt davon folgende Beschreibung mit. Das Jovilabium besteht aus kreisrunden Pappen- oder Kartenblättern, die sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt drehen lassen, wo der Mittelpunkt die Stelle des Jupiter, die Umkreise der Pappen die Bahnen der Monde nach den gehörigen Verhältnissen vorstellen. Das Ganze wird von einem Ringe umgeben, der die um eben den Mittelpunkt beschriebene Ekliptik vorstellt. Die Umkreise der Bahnen selbst werden nach der täglichen Bewegung eines jeden Trabanten um den Jupiter eingetheilt. Um nun die Stellung für eine gewisse Zeit zu finden, wird die Länge eines jeden Trabanten, aus dem Jupiter gesehen (*longitudo jovicentrica*), aus den Tafeln gesucht, und ihr gemäß wird das Merkmal, das den Trabanten vorstellt, auf dem Umfange seiner Bahn so verschoben, daß es vom Mittelpunkte aus gerechnet diese Länge auf der Ekliptik hat. Hierauf sucht man aus den Tafeln den geocentrischen Ort des Jupiter und richtet auf den damit übereinstimmenden Punkt der Ekliptik eine um den Mittelpunkt bewegliche Regel. Wenn man nun die senkrechte Entfernung

1 Acta soc. Upsal. pro anno 1741. p. 27. und in der Berliner Samml. astr. Taf. III. 81. 101.

2 Ann. de Gh. et Ph. IV. 85. de ZACH Corr. astr. II. 450.

3 Explicatio Jovilabii Cassiniani. Viteb. 1727.

der Trabanten von der Schärfe dieser Regel mißt und vom Mittelpuncte eines kleinen Kreises, der den Jupiter vorstellt, auf die eine oder die andere Seite aufträgt, so giebt die so entstehende Zeichnung den Stand von der Erde aus gesehen richtig an. Giebt man dabei noch Achtung, wie die Knotenlinie der Trabantenbahnen liegt, so kann man zugleich beurtheilen, ob der Trabant höher oder niedriger als der Mittelpunct des Jupiter erscheinen wird.

Die Berechnung des genauen Standes der Jupitersmonde erlangte besonders dadurch eine erhöhte Wichtigkeit, daß man die Beobachtung ihrer Verfinsterungen zur Bestimmung der Längen-Unterschiede anwandte. Schon GALILEI hatte die Bemerkung gemacht, daß die an zwei verschiedenen Orten beobachtete Verfinsterung eines Jupitersmondes sehr gut dienen könne, um den Längen-Unterschied zu finden<sup>1</sup>, und ohne Zweifel hat er viele Beobachtungen über diesen Gegenstand angestellt; aber diese sind, nebst seines Schülers REVERI Beobachtungen, verloren gegangen<sup>2</sup>. Erst nach der Mitte des 17ten Jahrhunderts fing man an; diese Beobachtungen fleißiger anzustellen; und freilich hätte man, bei der früheren großen Unvollkommenheit der Uhren, aus diesen Beobachtungen auch noch nicht den rechten Nutzen ziehen können. In der folgenden Zeit hat man sich ihrer oft bedient<sup>3</sup>.

Die Beobachtungen dieser Verfinsterungen haben das vorzüglichste Mittel zur genauen Kenntniß der Bahnen und Umlaufzeiten dieser Monde dargeboten; aber in dem beinahe unvermeidlichen Mangel an Genauigkeit dieser Beobachtungen liegt auch der Grund, warum selbst DELAMBRE's Tafeln noch nicht so vollkommen sind, wie die lange Reihe von Beobachtungen und ihre sorgfältige Benutzung es hatte hoffen lassen. Bei den Beobachtungen dieser Eintritte in den Schatten des Jupiter und der Austritte aus demselben findet nämlich erstlich eine Ungleichheit in Beziehung auf die Vollkommenheit des Fernrohrs, auf die Schärfe des Auges, auf die Heiterkeit der Luft statt, und zweitens eine Ungleichheit, durch welche das Wahrnehmen des Austrittes aus dem Schatten mehr erschwert

1 RICCIOLI *Almagestum novum*. Tom. I. p. 498.

2 DE ZACH *corr. astronomique*. I. 475. 476.

3 Vergl. *Länge*. Bd. VI. S. 9: u. 10:

wird, als das Wahrnehmen des Eintritts in den Schatten. Was das erste betrifft, so ist es offenbar, daß ein scharfes Auge mit einem starken Fernrohre den schon großen Theils verfinsterten Trabanten noch wahrnehmen können, wenn das schwächere Auge und Fernrohr schon nicht mehr hinreichen, ihn zu erkennen; zwei Verfinsterungen also, welche mit ungleichen Hülfsmitteln oder bei ungleich heiterer Luft beobachtet worden sind, geben die Zwischenzeit zwischen den beiden Erscheinungen unrichtig an. Diese Unrichtigkeit wird, wie FLAUGERGUES bemerkt, durch den Lichtwechsel, welchem diese Monde unterworfen sind, noch größer, indem bei ganz gleichen Umständen der Beobachtung und bei Verfinsterungen, die so bald auf einander folgten, daß Fehler der Tafeln keinen so ungleichen Einfluß haben konnten, dennoch ganz verschiedene Differenzen zwischen der Beobachtung und den Tafeln hervorgingen, die durch nichts anderes als eine ungleiche Lichtstärke in verschiedenen Zeitpunkten erklärt werden konnten. Der zweite Mond zeigte bei FLAUGERGUES Beobachtungen die meisten unregelmäßigen Abweichungen<sup>1</sup>. Der andere Umstand, der eine Ungleichheit in die Beobachtung bringt, ist der, daß man den immer kleiner werdenden, schon halb verfinsterten Mond doch noch leichter wahrnimmt, als den aus dem Dunkel hervortretenden, daß also, wenn man auch den Eintritt in den Schatten und den Austritt aus dem Schatten beobachten kann, doch in den meisten Fällen die Mittelzeit zwischen beiden Beobachtungen nicht strenge das Mittel der Verfinsterung ist<sup>2</sup>.

Bei dem ersten Trabanten ist es beinahe durchaus unmöglich, das Ende sowohl als den Anfang einer und derselben Verfinsterung zu sehen; damit dieses bei dem zweiten möglich sey, muß der Jupiter seine größte Breite haben und sich in einer bestimmten Elongation befinden, so daß auch für ihn die Beobachtung nur selten angestellt worden ist; in den meisten Fällen verdeckt die Scheibe des Jupiter die eine Seite des Schattens, so daß nur entweder der Eintritt in den Schatten, oder der Austritt aus dem Schatten beobachtet werden kann. Da die Bahnen der Trabanten eine Neigung gegen die Bahn des Jupiter haben, so gehen

1 DE ZACH corr. astr. II. 480.

2 Sehr mühsame Beobachtungen über diese ungleichen Resultate der Finsternisse und Versuche, dieser Unsicherheit abzuhelfen, hat BAILLY angestellt. Mém. de Paris, 1771. p. 580.



sie nicht immer da, wo der Durchmesser des Schattenkegels am größten ist, durch den Schatten, und die ungleiche Zeit ihres Verweilens im Schatten läßt auf die GröÙe jener Neigung schließen<sup>1</sup>; jedoch hat auf dieses Verweilen im Schatten auch die sphäroidische Form des Planeten, welche verursacht, daß der Schatten kein genauer Kegel ist, einigen Einfluß<sup>2</sup>.

Die Umlaufszeiten der Trabanten werden leicht aus den Beobachtungen ihrer gleichen Stellungen gegen den Hauptplaneten, vorzüglich ihrer Conjunctionen mit dem Hauptplaneten, abgeleitet; die Verfinsterungen und die Vorübergänge vor dem Jupiter bieten Mittel dazu dar. Um den wahren Abstand eines der Trabanten vom Hauptplaneten zu bestimmen, muß man seine größten Digressionen vom Jupiter abmessen; daraus würde man bei öftern Beobachtungen und bei verschiedenen Stellungen des Jupiter auch finden, ob die Bahnen merklich elliptisch sind, wenn man nämlich diese Digressionen, nach gehörig genommener Rücksicht auf die Entfernung des Jupiter von der Erde, ungleich fände. Die Abweichung ihrer Bahnen vom Kreise ist aber in Beziehung auf die GröÙe der Digressionen unmerklich. Jene Abmessungen zur Zeit der größten Digressionen brauchte man nur bei einem oder bei zweien der Monde genau anzustellen, indem nach den Keplerschen Gesetzen dann die Abstände der übrigen aus den sehr genau bekannten Umlaufszeiten gefunden werden.

Die Frage, ob die Bahnen merklich elliptisch sind, läßt sich auf eine andere Weise entscheiden. Es ist bekannt, daß die Bewegung des angezogenen Körpers schneller ist, wenn er sich in der größten Annäherung zum anziehenden Körper befindet, langsamer in der größten Entfernung; der Trabant wird daher in jenem Falle etwas schneller, als es der mittleren Bewegung gemäß ist, zu gleichen Stellungen zurückkehren. Aus solchen Bestimmungen hat DELAMBRE die größte Mittelpunctsgleichung des dritten und vierten Trabanten bestimmt; bei den beiden andern ist die Ellipticität unbedeutend. Die Bewegungen dieser Trabanten sind bedeutenden Perturbationen unterworfen, und da diese hauptsächlich von der gegenseitigen Einwirkung der Monde auf einander abhängen,

<sup>1</sup> DE ZACH Corr. astr. H. 440.

<sup>2</sup> LAPLACE mécan. cel. IV. p. 105.

so ist ihre Periode diejenige, wo die Stellungen aller gegen einander wieder gleich werden. Dieses tritt für die drei innersten nach 437 Tagen ein, weil fast genau in dieser Zeit der erste 247 synodische Umläufe, der zweite 123, der dritte 61 vollendet; auch der vierte ist nach einer einmaligen Wiederkehr dieser Periode nicht weit von seinem, dem Anfange der Periode entsprechenden Orte, weil er 26 Umläufe in 435½ Tagen macht.

Was endlich die Lage der Bahnen betrifft, so ergibt die Beobachtung der Zeit, da ihr Verweilen im Schatten am kürzesten ist, auch den Zeitpunkt, wo sie sich  $90^\circ$  vom Knoten der Bahn entfernt befinden.

Periodische Umlaufzeiten.	Synodische Umlaufzeiten.	Tägliche Bewegung.
d. 1e 1 T. 18 St. 27' 33"	1 T. 18 St. 28' 36"	203° 29' 20,4"
d. 2e 3 - 13 - 13 42	3 - 13 - 17 54	101 22 29,1
d. 3e 7 - 3 - 42 33	7 - 3 - 59 36	50 19 3,5
d. 4e 16 - 16 - 32 8	16 - 18 - 5 7	21 34 16,0

#### Abstände der Monde vom Jupiter.

Scheinbare in Halbmessern des Jupiter nach DELAMBRE.	Wahre in geograph. Meilen, wenn Jupiters Aequatoreal-Durchmesser = 20100 Meilen.
der 1e 5,6985	57300
der 2e 9,0665	91100
der 3e 14,4619	145300
der 4e 25,4359	255600

Die Bahnen der Trabanten liegen beinahe in der Ebene des Aequators des Jupiter. SCHUBERT giebt die Neigungen nach den Beobachtungen des MARALDI so an, daß sie für den ersten =  $3^\circ 18' 38''$ , für den vierten  $2^\circ 36'$  und diese beiden constant sind; hingegen sey für den zweiten die Neigung in einer Periode von 30 Jahren zwischen  $2^\circ 46'$  und  $3^\circ 46'$ , für den dritten die Neigung in einer Periode von 132 Jahren zwischen  $3^\circ 2'$  und  $3^\circ 26'$  veränderlich. Die aufsteigenden Knoten aller Bahnen lagen 1760 zwischen 10 Zeichen  $13^\circ 45'$  und 10 Zeichen  $16^\circ 39'$ .

Die GröÙe der Monde ist von SCHRÖTER mit großer Sorgfalt bestimmt worden, theils durch mikrometrische Abmessung,

theils durch Beobachtung der Zeiten, die sie beim Vorübergange vor dem Jupiter zu ihrem Eintritte und Austritte gebrauchen. Ich stelle hier seine und STRAUVE's Bestimmungen zusammen.

Wahre Größe nach SCHRÖTER	nach STRAUVE
des ersten 564 geogr. Meilen	= 532 geogr. M.
des zweiten 465 - -	= 477 - -
des dritten 818 - -	= 780 - -
des vierten 570 - -	= 667 - -

Nach STRAUVE ist also der vierte bedeutend größer<sup>1</sup>. Hiernach ist die körperliche Größe des zweiten ungefähr der unseres Mondes gleich, der erste  $1\frac{1}{4}$  mal, der dritte  $5\frac{1}{4}$  mal so groß als unser Mond. Vom Jupiter aus erscheinen ihre Durchmesser 33, 17, 19, 8 Minuten, der Jupiter aber erscheint vom ersten Monde aus gesehen  $19\frac{1}{4}$  Grad im Durchmesser, so daß er einen Raum so groß als das Sternbild Orion am Himmel bedeckt. Aus den Störungen, die sie auf einander ausüben, glaubte LAGRANGE ihre Massen auf 17, 23, 28, 43 Milliontel der Masse des Jupiter ansehen zu können<sup>2</sup>.

Schon CASSINI (1665 und 1678) und MARALDI (1707 und 1713) beobachteten Flecken auf den Jupiterstrabanten. Man sah nämlich mehrmals sowohl die Monde selbst vor dem Jupiter vorbeigehen, als auch ihren Schatten auf dem Jupiter fortrücken. Hierbei bemerkte man gewöhnlich, daß der Trabant am Rande des Jupiter sich als heller in Vergleichung gegen den Planeten auszeichnete, aber mitten auf der Scheibe des Jupiter wegen Gleichheit des Lichtes nicht mehr kenntlich blieb. In seltenern Fällen dagegen zeigte sich, zu der Zeit des Vorüberganges sowohl des dritten als auch des vierten Trabanten vor dem Jupiter, ein dunkler Fleck auf diesem, den man um so mehr für einen Fleck auf dem Trabanten halten mußte, da nach seinem Austreten aus der Scheibe des Jupiter sich sehr bald der Trabant neben der Stelle des Randes, wo jener ausgetreten war, zeigte. Ähnliche Flecken verriethen sich auch zuweilen durch die Ungleichheit des Lichtes der Monde, indem zwar der dritte ge-

1 Schröters Beiträge II. 393. Schumach. astr. Nachr. Nr. 97.

2 Vermuthlich in der Abh. Recherches sur les inégalités des satellites de Jupiter, in den Pièces de Prix de l'acad. de Paris. Tome IX. (die ich nicht nachsuchen Gelegenheit habe).

wöhnlich der hellste war, aber zuweilen sich nicht vor den andern auszeichnete. Auch der Umstand, daß man den Schatten auf dem Jupiter zuweilen gröfser sah, als den Trabanten selbst, zeigte, daß man in dem Falle den Trabanten durch seine Flecken als verkleinert erblickte<sup>1</sup>. Von POUND und MESSIER sind ähnliche Beobachtungen angestellt worden<sup>2</sup>. Diese Veränderungen, aus welchen man schon früher den Schluss zu ziehen geneigt war, daß die Monde immer dieselbe Seite gegen den Hauptplaneten wendeten, haben in späterer Zeit HERSCHTEL's und SCHRÖTER's Aufmerksamkeit auf sich gezogen, und beide glaubten aus dem periodischen Gange dieser Veränderungen mit Ueberzeugung schliessen zu dürfen, daß die Jupitersmonde in der eben bemerkten Rücksicht unserm Monde ähnlich sind. HERSCHTEL hatte schon früher sich überzeugt, daß der eine Mond des Saturn dem Hauptplaneten stets einerlei Seite zuwende, und stellte daher absichtlich eine Reihe von Beobachtungen der Jupitersmonde vorzüglich von 1794 bis 1796 an, um zu sehen, wie fern ihre wechselnden Erscheinungen eben dem Gesetze entsprächen. Seine Resultate sind folgende. Der erste Mond scheint in der Mitte seiner hellsten Periode zu seyn, wenn er ungefähr gleichweit von der größten östlichen Entfernung und der unteren Conjunction ist. Der zweite ist nur geringen Veränderungen des Lichtes unterworfen, aber auch diese entsprechen jenem Gesetze, und die hellste Seite ist uns auch zwischen dem Verweilen zwischen der östlichen Digression und unteren Conjunction zugewandt. Der dritte erlitt während HERSCHTEL's Beobachtungen nur geringe Veränderungen und war zur Zeit beider Elongationen in vollem Lichte. Der vierte zeigt uns einige glänzende Blicke, wenn er seinen Oppositionen zugeht, und bei seinem Fortgange zur größten östlichen Entfernung, sonst aber ist er gewöhnlich trübe, orangefarben<sup>3</sup>.

SCHRÖTER's Beobachtungen<sup>4</sup> betrafen zuerst einen mehrmals beim Vorübergange über die Jupitersscheibe kenntlich werdenden Fleck des dritten Mondes. Die Erscheinung, freilich

1 Mém. de l'acad. de Paris. I. 263. II. 225; pour l'année 1707. p. 389. 1714. p. 26.

2 Phil. Transact. for 1719. p. 900. for 1769. p. 457.

3 Phil. Transact. for 1797. p. 332. und astr. Jahrb. 1801. 103.

4 Beitr. zu den neuesten astr. Entdeck. 2. Bd.

von SCHRÖTER mit starken Fernröhren weit genauer beobachtet, stimmte mit den schon oben erwähnten älteren Beobachtungen vollkommen überein. Für den vierten Mond ergaben auch SCHRÖTER's Beobachtungen, daß er nur um die Zeit der Opposition gegen die Sonne, wo er uns hinter dem Planeten vorbeigeht, glänzend und selbst dem dritten Monde gleich erscheint; beim Vorübergange über die Scheibe des Jupiter zeigt er sich dagegen oft als ein dunkler Fleck, jedoch scheint eine bedeutende Ungleichheit in dieser Hinsicht statt zu finden, da bei den zahlreichen schon beobachteten Vorübergängen lange nicht immer dieses Auffallende, daß er als dunkler Fleck erschien, beobachtet worden ist. Eine lange Reihe von Beobachtungen, die SCHRÖTER bei verschiedenen Stellungen des Trabanten anstellte, stimmte im Ganzen dahin überein, daß dieser vierte Mond kurz nach der untern Conjunction am dunkelsten ist und kurz nach der Opposition am hellsten; die einzelnen Beobachtungen gaben oft eine höchst auffallende Bestätigung dieser Regel, und wo auch die Erscheinung von starkem oder schwachem Lichte nicht ganz so auffallend war, ergab sich doch immer eine hinreichende Uebereinstimmung mit der Regel, daß jene Stellungen dem größten und kleinsten Lichte entsprechen. Weit weniger überzeugend für eine mit dem synodischen Umlaufe gleichzeitige Rotation sind die Beobachtungen des zweiten und ersten Mondes. Zwar ist es richtig, daß sie bei mehreren Beobachtungen um die Zeit der untern Conjunction sich dunkler und vor dem Jupiter als Flecken zeigten, aber sehr oft war das Gegentheil der Fall und ihre, ganz gewiß veränderlichen, Flecken scheinen nur die *Wahrscheinlichkeit*, daß sie der vom Jupiter abgekehrten Seite eigen sind, zu begründen. Dagegen kann man die angegebenen Lichtwechsel des vierten nach SCHRÖTER's Beobachtungen als constant und nur seltenen Ausnahmen unterworfen ansehen. Wegen dieser offenbar ungleichen Wechsel, die FLAUGERGUES zur Zeit der Oppositionen besonders bei dem zweiten Monde merklich gefunden hat und die er als einen Grund der ganz verschiedenen Beobachtungsfehler bei den Verfinsterungen ansieht, trägt sowohl FLAUGERGUES als auch VON ZACH Bedenken, die Folgerung, daß alle diese Monde immer dieselbe Seite dem Jupiter zukehren, als durch die Beobachtungen fest begründet anzusehen; indess erinnert VON ZACH daran, daß der bekannte physische Grund,

den man in der Gestalt des Mondes annimmt, auch bei diesen Trabanten statt finden möge<sup>1</sup>.

## M o n d e d e s S a t u r n .

Diese sehr viel kleiner erscheinenden Körper konnten erst entdeckt werden, als man sich viel stärkerer Fernröhre bediente. In der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts wurden fünf Saturnsmonde entdeckt, zwei andere dagegen ein Jahrhundert später,

HUYGHENS war der erste, der mit Hülfe seiner 12 bis 23 Fufs langen Fernröhre einen Mond des Saturn, den sechsten vom Saturn aus oder den, der nur noch einen entferntern über sich hat, am 25. März 1655 entdeckte<sup>2</sup>. Er bemerkte sogleich am folgenden Tage, daß dieser kleine Stern den Saturn begleitete, während er sich mit dem Saturn von einem andern benachbarten Sterne entfernte. Er bestimmte seine Umlaufszeit, Einen zweiten Saturnsmond entdeckte CASSINI am 25. October 1671 und erkannte ihn durch die Aenderung seiner Lage gegen Fixsterne als Trabanten des Saturn. Es fand sich nachher, daß dieser unter allen der entfernteste, der fünfte unter den länger bekannten, der siebente in der Ordnung war und der von HUYGHENS entdeckte der sechste<sup>3</sup>. Einen dritten Mond entdeckte CASSINI am 13. December 1672; er ist der Ordnung nach der fünfte, indem er dem Saturn näher als der von HUYGHENS entdeckte ist<sup>4</sup>. Erst im März 1684, als CASSINI ein hundertfußsiges Objectiv von CAMPANI probirte, entdeckte er noch zwei Monde, die sich innerhalb der schon bekannten Trabantenbahnen bewegten und daher nun die Namen des ersten und zweiten erhielten, nach unsern jetzigen Kenntnissen aber der dritte und vierte sind. CASSINI machte auch bald die Bemerkung, daß diese Monde wegen ihres öftern und langen Verweilens hinter dem Saturn und seinem Ringe und wegen ihrer immerwährenden großen Nähe an dem Hauptplaneten nicht mit

1 Corr. astr. II. 431. 442.

2 De Saturni luna observata nova und Systema saturnium in Hugenii opp. Tom. III. p. 541. 554.

3 Mém. de l'acad. de Paris. Tome I. p. 150. und Mém. pour l'année 1705. p. 15.

4 Mém. de Paris. Tome I. p. 159.

schwächern Fernröhren hätten aufgefunden werden können und daß man, während die zwei am frühesten entdeckten Monde mit 13 bis 17 fufsigen Fernröhren sichtbar sind, diese nur mit Fernröhren von 70, 90, 100, 136 Fufs beobachten könne<sup>1</sup>. **CASSINI** gab diesen Sternchen den Namen *Sidera Iudovicae*. Ungeachtet der großen Schwierigkeit der Beobachtung<sup>2</sup> haben doch schon diese ältern Beobachter, vorzüglich **CASSINI** und **POUND**<sup>3</sup>, diese kleinen Himmelskörper anhaltend genug beobachtet, um alle Umstände ihrer Bewegung ziemlich genau anzugeben. Der am leichtesten zu beobachtende sechste wurde dabei zum Grunde gelegt und aus den größten Entfernungen der übrigen ihre Umlaufzeit hergeleitet. Ungeachtet der großen Verbesserung der Fernröhre in der spätern Zeit hielt doch auch **WARGENTIN** ein 10 fufsiges Dollond'sches Fernrohr für nöthig, um die beiden von **CASSINI** zuletzt entdeckten Monde zu erkennen, und auch **SCHÄFTER** sah sie nur mit einem 10 fufsigen Dollond'schen Fernrohr oder mit noch stärkern Instrumenten. Da ein Jahrhundert verfloss, ohne daß ein neuer Saturnsmond entdeckt wurde, so glaubte man das Mondensystem des Saturn vollständig zu kennen; aber **HERSCHEL** entdeckte am 28. Aug. 1789 einen sechsten Mond. Er sagt, schon eine frühere Beobachtung habe ihm das Daseyn eines sechsten Mondes glaublich gemacht, aber er sey gehindert worden, seine Vermuthung näher zu prüfen. An dem erwähnten Tage aber, als das 40 fufsige Teleskop auf den Saturn gerichtet wurde, zeigten sich sogleich sechs Begleiter, und das Fortrücke des Saturn liefs noch in derselben Nacht wahrnehmen, daß auch der sechste dem Saturn angehöre. Am 17. Sept. 1789 wurde endlich noch ein siebenter Saturnsmond ebenfalls von **HERSCHEL** entdeckt. Beide vollenden ihre Bahnen innerhalb der Bahnen aller vorhin bekannten und der zuletzt entdeckte heifst also nun der erste, der von **HERSCHEL** etwas früher entdeckte der zweite; die beiden am spätesten von **CASSINI** entdeckten sind in der Ordnung der dritte und vierte, der von **HUYGENS** entdeckte, den man am leichtesten wahrnimmt, ist der sechste, der am frühesten von **CASSINI** beobachtete der sie-

1 *Mém. de Paris*. Tome I. p. 415. X. p. 694.

2 Selbst **HUYGENS** hatte sie nie mit Sicherheit erkennen können. *Cosmotheoros* in *Hug. opp.* III. p. 697.

3 *Phil. Tr.* for 1718. p. 769. 776. *Mém. de Paris* pour 1716. p. 200.

bente. Den zweiten, den größten von HERSCHTEL entdeckten, hat später auch SCHRÖTER mit einem 13fußigen Spiegelteleskope und STRUVE beobachtet; der erste aber, der selbst mit dem 40fußigen Teleskope sehr matt erschien, den jedoch HERSCHTEL auch mit einem vorzüglich guten 20fußigen Spiegelteleskope wahrgenommen hat, ist wohl noch von niemand anders beobachtet worden, obgleich SCHRÖTER ihn einmal gesehen zu haben glaubt<sup>1</sup>. Dafs aber dieser nächste und kleinste Mond wirklich seine Bahn, so wie HERSCHTEL angiebt, durchläuft, daran kann wohl kein Zweifel seyn, da HERSCHTEL ihn nicht blofs, als der Ring einer schmalen Linie glich, auf diesem, sondern auch entfernter vom Saturn gesehen hat und seine Abtrennung vom Ringe als ein Kriterium, dafs es ein Trabant sey, betrachtete.

Ueber die Bahnen dieser Monde sind wir nur unvollkommen unterrichtet. Erst im Jahre 1830 hat BESSEL mit Hülfe seines grossen Heliometers genaue Beobachtungen über den Lauf des sechsten Mondes angestellt, die zu genauerer Bestimmung seiner Bahn von ihm angewandt worden sind. Die scheinbaren Bahnen sind, sofern die wahren Bahnen nicht viel von der Ebene des Ringes entfernt liegen, Ellipsen, der jedesmaligen Gestalt des Ringes ähnlich, daher die Trabanten nur dann in gerader Linie neben einander und neben dem Saturn stehen, wenn der Ring uns verschwindet oder nur als eine feine Linie erscheint.

Nach den bisherigen Angaben sind die Elemente der Bahnen folgende.

Periodische Umlaufzeiten					Synodische Umlaufzeiten	Tägliche Bewegung
des ersten	0	Tag	22	St. 37' 33"	— — — —	381° 51' 53"
des zweiten	1	-	5	- 53 9	— — — —	262 43 38
des dritten	1	-	21	- 18 26	1 21 18 55	190 41 52
des vierten	2	-	17	- 44 51	2 17 45 51	131 24 42
des fünften	4	-	12	- 25 11	4 12 27 55	79 41 25
des sechsten	15	-	22	- 41 25	15 23 15 28	22 34 37
des siebenten	79	-	7	- 53 43	79 22 3 13	4 32 17

In der folgenden Tafel sind die Abstände in Meilen so berechnet, dafs des Saturn Aequatoreal-Durchmesser = 17270

<sup>1</sup> Phil. Transact. for 1790. p. 1. 427. SCHRÖTER Beitr. zu d. astr. Entd. II. 51. 54. des Anhangs. SCHUMACHER astr. Nachr. N. 97.



Meilen angenommen ist, der Durchmesser des Ringes = 38500 Meilen<sup>1</sup>.

Scheinbare Abstände für die mittlere Entfernung		Wahre Abstände	
		in Halbmessern des Ringes	in geograph. Meilen
des ersten Mondes	28", 67	1, 42	27400
des zweiten -	36, 79	1, 83	35200
des dritten -	43, 5	2, 16	41600
des vierten -	56, 0	2, 78	53600
des fünften -	78, 0	3, 88	74700
des sechsten -	180, 0	8, 95	172300
des siebenten -	522, 5	25, 98	499600

Aus **BESSEL**'s Beobachtungen und Berechnungen geht für den sechsten Mond der mittlere scheinbare Halbmesser seiner Bahn = 176",625 hervor und hiernach würden auch für die übrigen Monde einige Veränderungen der Angaben statt finden. Die Umlaufszeit giebt **BESSEL** genau so an, wie die erste Tafel sie enthält, und diese Angabe ist wenig von den ältern verschieden. Die Excentricität der Bahn ist 0,0286; das Perisaturnium lag im Jahre 1830 in 243° 13'; Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 27° 34'. Die Veränderungen, denen die Bahn durch die Anziehung der Sonne und des Ringes unterworfen ist, hat **BESSEL** ebenfalls bestimmt<sup>2</sup>.

Die Ebene der Bahnen der fünf innern Monde scheint wenig von der Ebene des Ringes abzuweichen, die Ebene des siebenten Mondes weicht etwa 12 Grade davon ab.

Was die natürliche Beschaffenheit dieser entfernten Weltkörper betrifft, so zog sogleich nach der Entdeckung des entferntesten Trabanten sein auffallender Lichtwechsel **CASSINI**'s Aufmerksamkeit auf sich. Kurz nach der Entdeckung des Trabanten nämlich bemerkte **CASSINI** zu seiner Verwunderung, daß er unsichtbar geworden war. **CASSINI** sowohl als auch **MARALDI** überzeugten sich durch wiederholte Beobachtung, daß dieses Verschwinden regelmäßig eintrat, wenn der Mond sich in dem östlichen Theile seiner Bahn befindet, und schon **CASSINI** schloß hieraus, daß dieser Mond, so wie unser Mond, immer

<sup>1</sup> Der scheinbare Halbmesser des Ringes nach **STRAUVE** 20", 107. **BESSEL** findet ihn nur = 19",656.

<sup>2</sup> **SCHUMACHER** astr. Nachr. Nr. 198. 194. 195.

Dieselbe Seite gegen den Saturn wende<sup>1</sup>. Diese wichtige Bemerkung hat sich dann auch in der Folge durch **HERSCHEL's** und **SCHRÖTER's** Beobachtungen vollkommen bestätigt und **HERSCHEL** besonders hat die Lichtwechsel genau verfolgt. Bei der großen Lichtstärke der Herschelschen Teleskope wurde dieser Mond zwar nie unsichtbar, aber sein Glanz nahm so ab, daß er sich gegen den hellsten Glanz ungefähr wie Sterne der fünften Größe zu Sternen der zweiten Größe verhielt. Der ganze Verlauf dieser Lichtwechsel war genau mit der Periode des Umlaufs übereinstimmend. Wenn man von der untern Conjunction zu zählen anfängt, so erscheint der Mond am hellsten, während er sich vom 68sten bis 129sten Grade fortbewegt oder während er sich westlich am meisten vom Saturn entfernt; in dieser Gegend seiner Bahn gleicht er fast dem hellsten, sechsten Monde. Vom 7ten Grade nach der Opposition bis zur untern Conjunction ist er kleiner als der fünfte, ja kaum größer als der vierte. Diese Bestimmungen sind ganz den schon früh von **CASSINI** angegebenen gleich, und da **HERSCHEL** selbst durch 10 Umläufe die Erscheinungen regelmäßig gefunden hat und auch eine Beobachtung von **BERNARD** im Jahre 1787 damit übereinstimmt, so ist es gewiß, daß die Regel, daß dieser Mond beständig einerlei Seite gegen den Saturn kehrt, richtig ist. Die dem Planeten zugekehrte Seite ist weder die dunkelste, noch die hellste; aber wie sehr wenig Licht die eine Seite zurückwerfen mag, läßt sich aus den obigen Angaben schließen<sup>2</sup>.

Ogleich aber diese Lichtwechsel so überaus regelmäßig sind, wenn man bloß den wesentlichsten Unterschied ins Auge faßt; so bemerkte doch auch **HERSCHEL** einige zufällige Ungleichheiten, und daß diese, wenn gleich als sehr seltene Ausnahmen, zuweilen erheblicher seyn können, hat schon **MALINI** wahrgenommen, der diesen Mond im Decbr. 1705 und Januar 1706 in der Gegend seiner Bahn beobachtete, wo er sonst unsichtbar zu werden pflegt<sup>3</sup>.

**SCHRÖTER** bemerkt gelegentlich, daß auch die übrigen Monde und selbst der größere von **HERSCHEL** entdeckte eine

1 Mém. de Paris pour 1705. Hist. 121. Mém. 20; pour 1707. p. 296.

2 Phil. Transact. for 1792. p. 1.

3 Mém. de Paris pour 1707. p. 296.

Änderung der Lichtstärke zeigen<sup>1</sup>. Die Größe dieser Monde ist noch sehr wenig bekannt; SCHRÖTER sagt, daß man den Durchmesser des fünften 260, des sechsten 680 Meilen angeben könne.

### Monde des Uranus.

Auch der Uranus hat mehrere Monde um sich. Am 11ten Jan. 1787 entdeckte HERSCHEL zwei Monde des Uranus, deren Bahnen er kurz nachher genauer bestimmte. Später hat auch SCHRÖTER sie gesehen<sup>2</sup>. Diese beiden, die größten, sind unter den sechs Monden des Uranus der zweite und vierte. Spätere Beobachtungen der sehr kleinen, in des Uranus Nähe sich zeigenden Sternchen führten HERSCHEL zu der Entdeckung von noch vier Monden, deren Entdeckungstage er so angiebt: den des innersten am 18ten Jan. 1790, des dritten am 26. März 1794, des fünften am 9. Febr. 1790, des sechsten am 28. Februar 1794<sup>3</sup>. So selten diese Trabanten, ihrer ungemeinen Kleinheit wegen, von HERSCHEL gesehen worden sind, so hält er doch die Beobachtungen für sicher genug, um das Daseyn dieser Monde als zuverlässig und ihre Entfernungen und Umlaufzeiten als ziemlich genau anzusehen. Nur die beiden größern ließen sich in ihren Bahnen ordentlich verfolgen; für die übrigen gab das Verhältniß ihres Abstandes zu dem Abstände, den die größern Trabanten in eben der Gegend ihrer scheinbaren Ellipse erreichten, das Maß der wahren Bahnen, die also nur als obenhin bekannt angesehen werden können. Selbst die beiden größern sind nur zu erkennen, wenn sie dem Uranus nicht zu nahe stehen; die vier übrigen waren nur sehr selten sichtbar und nur dadurch, daß ein Sternchen gesehen wurde und nachher an dem Orte, den ein Fixstern unverändert behalten mußte, nicht wieder zu finden war, wurde zuerst ihre Existenz geschlossen, die sodann aus dem Zusammentreffen mehrerer ähnlicher Beobachtungen, besonders um die Zeit, als die Bahnen geradlinig erschienen, sich bestätigte. Herschel's sehr große Vorsicht

1 Beiträge zu astr. Entd. II. S. 189, u. Anh. 56.

2 Phil. Transact. for 1787. p. 125. 364. Schröter's Beiträge II. Anhang 50.

3 Phil. Tr. for 1798. p. 47.

bei allen Schlüssen aus seinen Beobachtungen ist eine ziemlich sichere Gewährleistung für die Richtigkeit auch dieser Schlüsse.

Die Bahnen sind beinahe senkrecht gegen die Ebene der Uranusbahn. HANSCHEL giebt die Neigung gegen die Ekliptik  $78^{\circ} 58'$  an und die Knotenlinie in  $1654^{\circ}$ . Diese Bestimmung folgt aus den Beobachtungen im Jahre 1798, wo die Bahnen wie gerade Linien erschienen.

Synodische Umlaufzeiten					Entfernungen	
					in Halbm. des Uranus	in geogr. Meilen
des 1ten	5	T. 21	St. 25'		13	48900
des 2ten	8	- 16	- 56	5"	16,5	62000
des 3ten	10	- 23	- 4		19,2	72200
des 4ten	13	- 11	- 8	59	22	82700
des 5ten	38	- 1	- 49		44,2	166200
des 6ten	107	- 16	- 40		86,5	325200

Die beiden fortdauernd beobachteten Monde zeigen Lichtwechsel, welche veranlassen, daß ihr Licht bei gleichen Stellungen gegen den Hauptplaneten ein ungleiches Verhältniß hat <sup>1</sup>.

B.

## Nebensonne.

Falsche Sonne; *Parhelius*; Parélie, Faux-soleil; *Mocksun*; ist eine glänzende Lufterscheinung, wobei entweder in gleicher Höhe mit der Sonne neben ihr, oder in einem durch sie gezogenen Verticalkreise über oder unter ihr oder ihr gerade gegenüber ein glänzender Fleck, ungefähr von der Größe der Sonne, sich zeigt. Der Glanz dieser Nebensonnen, deren man oft mehrere zugleich sieht, ist oft nicht sehr viel stärker als der Glanz der weißen Wolken, in welchen sie sich am häufigsten zeigen, zuweilen aber zeigen sie sich mit viel lebhafterem Glanze. Gewöhnlich sind sie farbig, fast immer aber nicht sehr streng begrenzt,

Die am häufigsten und in der That sehr oft vorkommenden Nebensonnen sind die, welche mit den Höfen und Ringen um die Sonne verbunden sind; da ich aber von diesen im Artikel *Hof* umständlich geredet habe <sup>2</sup>, so übergehe ich sie hier ganz.

1 Phil. Transact. for 1815. p. 296. Astron. Jahrb. 1819. S. 282.

2 S. Bd. V. S. 483.

Aber noch drei andere Erscheinungen, wobei sich Sonnenbilder darstellen, giebt es. Die eine findet ihre vollständige Erklärung im Art. *Strahlenbrechung*, da, wo von den ungewöhnlichen Erscheinungen der terrestrischen Strahlenbrechung die Rede ist. Dort nämlich wird gezeigt, wie Gegenstände nahe am Horizonte uns bei ungleicher Erwärmung der unteren Luftschichten doppelt, ja selbst mehrfach erscheinen können, und was von andern Gegenständen gilt, die nahe am Horizonte erscheinen, das findet auch bei der Sonne und dem Monde statt. Die Erscheinung stellt sich meistens ganz einer Spiegelung ähnlich dar und hat daher auch den nicht ganz richtigen Namen *Luftspiegelung* erhalten, sie erstreckt sich aber nur auf Gegenstände, die höchstens etwas mehr als 1 Grad über dem Horizonte erscheinen. Erreicht die Sonne beim Untergange diese Tiefe, so sieht man auf dem Meerhorizonte (denn schwerlich wird man über einer Erdoberfläche die Erscheinung sehen) ein oben convexes Sonnensegment erscheinen, wie A, und diese zweite <sup>Fig. 2.</sup> Sonne tritt immer vollständiger aus dem Meere hervor, je tiefer die Sonne herabsinkt. Da jene steigt und diese sinkt, so begegnen sie sich, wie B zeigt, und die wahre Sonne fängt nun an, unten einen Abschnitt zu verlieren, ihr sichtbarer Theil erscheint aber unten umgekehrt an sie angesetzt, wie bei C; der noch sichtbare Theil der Sonne wird immer kleiner und so auch das Bild, so wie D, E es zeigen; endlich verschwinden Sonne und Bild zugleich. Die Erscheinung findet über dem Meere statt, wenn das Wasser wärmer als die Luft ist. Erstreckt sie sich nur auf sehr niedrige Gegenstände, so ist sie so wie B, C, <sup>Fig. 3.</sup> D sie, den auf einander folgenden Zeitpunkten gemäß, zeigen<sup>1</sup>.

Eine Verdoppelung der Bilder oberwärts kann auf ähnliche Weise dann statt finden, wenn die obere Luft wärmer als die untere ist. Die Erscheinungen sind dann ungefähr so wie die Zeich- <sup>Fig. 4.</sup> nung sie darstellt, daß nämlich ein umgekehrtes und ein zweites aufrechtes Bild oberhalb der Sonne sich darstellt<sup>2</sup>. Beide Erscheinungen können also Gelegenheit zu der Wahrnehmung

1 Eine Beobachtung dieser Erscheinung, die ich übrigens mehrmals gesehen habe, giebt Büsch an: *Tractatus duo optici argumenti*. Hamburg 1783. und G. III. 296.

2 BRANDES Beobachtungen über die Strahlenbrechung. Oldenb. 1807. S. 126.

einer Nebensonne geben, aber nicht zugleich zu einer Nebensonne oberhalb und zu einer Nebensonne unterhalb der Sonne, und dieses ist der Grund, warum man die folgenden Beobachtungen als einer andern Erklärung bedürftend ansehen muß.

Von dieser zweiten Art von Nebensonnen finde ich nur sehr wenige Beobachtungen. MALEZIEU giebt folgende Beschreibung der Erscheinung. Am 24. Oct. 1722 Abends nach einem ziemlich warmen Tage sah er drei glänzende, gut begrenzte Sonnen, die gerade über einander standen und sich genau berührten; die eine berührte mit ihrem unteren Rande den Horizont, die mittlere war die wahre Sonne; sie gingen nach der Reihe unter, und als die dritte noch allein über dem Horizonte stand, erschien diese so hell, daß man sie für die wahre Sonne gehalten hätte, wenn nicht diese eben vorher als untergehend wäre gesehen worden. Während die drei Sonnen erschienen, sahen alle Gegenstände ganz feurig aus<sup>1</sup>.

Eine sehr ähnliche Erscheinung sah ROTHMAN am 2ten Jan. 1586 und CASSINI am 31sten Januar 1693 bei Sonnenaufgang. Bei beiden Erscheinungen war ein verticaler, über die obere Nebensonne hinaufgehender heller Streif, der sich auch, als die dritte Sonne aufgegangen war, bis unter diese herab erstreckte. Ungefähr 20 Min. nach dem Erscheinen der ersten verschwanden bei CASSINI's Beobachtung beide Nebensonnen, bei ROTHMAN's Beobachtung blieben sie noch länger sichtbar<sup>2</sup>. CASSINI führt hierbei noch eine Beobachtung von CHAZELLES an, die indess bedeutend verschieden ist, indem die aufgehende Sonne (oder eine Nebensonne) plötzlich erschien, dann zum Horizont zurückkehrte und nun erst die Sonne wie gewöhnlich aufging. Nach dem Aufgange der wirklichen Sonne erschien diese wie auf einem glänzenden Fußgestelle stehend.

Auch HEVEL hat einmal kurz vor Sonnenuntergang eine Nebensonne nahe unter der wahren Sonne gesehen. Die Sonne stand oberhalb einer schmalen Wolke, die Nebensonne unter derselben; jene näherte sich dieser und kam endlich mit ihr zusammen, wobei, wie die Zeichnung wenigstens andeutet, die Nebensonne in gleicher Höhe muß geblieben seyn. Auch hier ging ein heller Streif hinaufwärts<sup>3</sup>.

1 Mém. de l'acad. de Paris pour 1722. Hist. 13.

2 Mém. de l'acad. de Paris. X. 234. Hugenii opp. rel. II. 43.

3 Phil. Tr. IX. for the year 1674. p. 26.

Ich gestehe, daß ich diese Erscheinungen noch gar nicht zu erklären weis. FRAUNHOFER bemerkt, da man durch ein Gitter von horizontalen Fäden oberhalb und unterhalb der Sonne zwei Sonnenbilder und bei nicht völlig gleicher Entfernung der Fäden diese nur wenig farbig und einen verticalen, weissen Lichtstreif sehe, so liege hierin eine Erklärung der Erscheinung. Allerdings, wenn Dunstkügelchen so lägen, daß sie abgerissene horizontale Parallellinien mit ziemlicher Regelmäßigkeit darstellten, so könnten zwei Nebensonnen und ein Lichtstreif erscheinen; aber der Grund, warum man, wie FRAUNHOFER sagt, „leicht einsieht, daß eine solche Lage statt finden muß,“ ist mir nicht klar; ich möchte daher lieber es als etwas zufälliges, das wohl einmal statt finden kann, ansehen und dann die Erklärung annehmen, jedoch bleiben auch dann noch einige Umstände unerklärt<sup>1</sup>.

Endlich muß ich noch eine außer den gewöhnlichen Nebensonnen vorkommende dritte Art von Nebensonnen erwähnen, die FALLOWS beobachtet hat<sup>2</sup>. Hier standen die Nebensonnen horizontal neben der Sonne, vier an der einen, drei an der andern Seite, ungefähr um einen Sonnendurchmesser von einander entfernt und, wie die Zeichnung angiebt, die entfernteren kleiner. Man könnte hier solche verticalen Linien, ein aus Verticalfäden bestehendes Netz, annehmen, wie FRAUNHOFER in horizontalen Linien geordnete Dünste, so wäre die Erscheinung mit der vorigen in Verbindung gesetzt<sup>3</sup>; aber es bleibt immer zweifelhaft, ob diese, doch etwas willkürliche, Voraussetzung die richtige sey.

Daß *Nebenmonde* unter ähnlichen Umständen auch entstehen könnten, ist wohl gewiß; ich finde aber keine Beobachtung von Nebenmonden, die den beiden letzten Arten von Nebensonnen entsprächen; dagegen ist mir keine solche Beobachtung von der Sonne bekannt, wie die, welche ich im Art. *Nebenmonde* angeführt habe.

B.

1 FRAUNHOFER's Theorie der Höfe, in Schumacher's astron. Abb. 8. Heft. S. 80.

2 Poggend. Ann. II. 440.

3 FRAUNHOFER nimmt S. 84. etwas ähnliches an.

## N e b e n w o h n e r .

*Perioeci*; *Perioeciens*; *Perioecii*; heißen diejenigen Bewohner der Erde, welche sich unter gleichen Graden der Breite, aber in einem 180 Grad der Länge betragenden Abstände von einander befinden, bei denen also die geographische Breite die nämliche, die geographische Länge aber um 180 Grad verschieden ist. Sie befinden sich also unter der nämlichen Polhöhe oder auf dem nämlichen Parallele (Parallelkreise) und in dem nämlichen, aber entgegengesetzten, Meridiane. Um daher für einen gegebenen Erdbewohner den Ort seines Nebenwohners zu finden, darf man nur auf einem Globus oder einer Planiglobcharte den ihm zugehörigen Breitengrad (Parallelkreis) aufsuchen und von dem diesem zugehörigen Meridiane 180 Grade östlich oder westlich abmessen, um den gesuchten Ort zu erhalten. Die Nebenwohner haben also gleiche Polhöhen, gleiche Tagslängen und ein gleiches geographisches Klima, aber die Stunden des Tages und der Nacht sind einander gerade entgegengesetzt, so daß es bei den einen Mittag ist, wenn die andern Mitternacht haben. Für die Bewohner von Paris z. B. fällt der Ort ihrer Nebenwohner in den großen nördlichen Ocean zwischen Asien und America unter die aleutischen Inseln. M.

## N e i g u n g   d e r   B a h n .

*Inclinatio orbitae*; *Inclinaison de l'orbite*; *Inclination of the Plane of a Planet's Orbit*; ist der Flächenwinkel, den die Ebene einer Planeten- oder Kometenbahn mit der Ebene der Ekliptik bildet. Da die Ebenen aller dieser Bahnen durch den Mittelpunkt der Sonne gehen, so ist ihre gemeinschaftliche Durchschnittslinie, ihre *Knotenlinie*, allemal eine durch die Sonne gehende Linie und alle Planeten und Kometen durchlaufen heliocentrisch<sup>1</sup> größte Kreise an der Himmelskugel; die sphärischen Winkel, unter welchen diese heliocentrischen-scheinbaren Bahnen sich schneiden, sind gleich der Neigung der Bahnen, also gleich der Neigung gegen die Ekliptik, wenn die Erdbahn eine jener Bahnen ist. Auch in

---

1 3. Ort, *heliocentrischer*.



Beziehung auf die Bahnen der Monde und auf den Ring des Saturn spricht man von einer Neigung gegen die Ebene der Bahn des Hauptplaneten.

Wenn man den heliocentrischen Ort eines Planeten oder Kometen beobachten könnte, so ergäbe die beobachtete größte Entfernung von der Ekliptik oder die größte heliocentrische Breite sogleich die Neigung der Bahn; sofern aber diese aus Beobachtungen auf der Erde abgeleitet werden muß, ist sie etwas schwieriger zu bestimmen. Indess da man die Umlaufzeit eines Planeten und seinen verhältnißmäßigen Abstand von der Sonne aus Beobachtungen, die keine Kenntniß der Neigung voraussetzen, kennt, da man ferner den Zeitpunkt und daraus auch den Ort der Bahn kennt, wo sich der Planet im Knoten befindet, wo er nämlich auch geocentrisch in der Ekliptik selbst erscheint, so kann jede Beobachtung, wo der Planet vom Knoten entfernt ist, dazu dienen, um die Neigung zu bestimmen. Wäre z. B. der Planet P mit der Sonne S in Opposition, so ist <sup>Fig. 5.</sup> offenbar, daß seine heliocentrische Breite PSQ aus der geocentrischen Breite PEQ durch die Formel  $\text{Sin. PSQ} = \frac{PE}{PS} \cdot \text{Sin. PEQ}$

gefunden wird. Aus der zugleich bekannten heliocentrischen Breite PQ und dem heliocentrischen Abstände vom Knoten <sup>Fig. 6.</sup>  $= AP$  aber ist die Neigung PAQ leicht zu finden.

Die geocentrische Breite kann größer als die Neigung der Bahn seyn, und dieses desto mehr, je kleiner PE gegen <sup>Fig. 5.</sup> PS ist.

Für die einzelnen Planeten ist die Neigung der Bahn in den diese Planeten betreffenden Artikeln angegeben. Die Kometenbahnen haben sehr ungleiche Neigungen gegen die Ekliptik.

B.

Neigung der Magnetnadel; Neigungs-Compass; Neigungs-Nadel; s. Magnet.

## N e u m o n d .

*Novilunium, Neomenia; nouvelle Lune; new Moon.*

Wenn im Laufe der Mondphasen sein immer schmaler werdender erleuchteter Theil endlich ganz verschwindet und dann nach einigen Tagen sich der schmale sichelförmige

Mond wieder zeigt, womit dann seine Erscheinungen des allmählichen Zunehmens und nachher des Abnehmens sich erneuern, so sagt man, der Mond sey neu geworden, es sey Neumond gewesen. Im strengeren Sinne ist der Augenblick des Neumondes derjenige, wo Mond und Sonne gleiche Länge haben und wo daher der Mond, weil er nahe bei der Sonne steht und uns seine dunkle Seite zuwendet, völlig unsichtbar ist. Befindet er sich genau zu dieser Zeit oder sehr kurze Zeit vor oder nach dem Neumonde in seinem Knoten, so tritt eine Sonnenfinsternis ein und der Mond erscheint vor der Sonne.

Kurz nach dem Neumonde wird der Mond am Abendhimmel wieder sichtbar. Am leichtesten wird er bald nach dem Neumonde in den Frühlingsmonaten gesehen, weil dann die Ekliptik und die nicht viel von ihr abweichende Mondbahn beim Untergange der Sonne einen grossen Winkel mit dem Horizonte machen und daher der Mond schon bei geringem Abstände von der Sonne ziemlich lange nach Sonnenuntergang über dem Horizonte verweilt. Hat der Mond dann überdies eine nördliche Breite, so ist sein frühes Erscheinen noch mehr begünstigt, und dieses am meisten, wenn er zugleich in der Erdnähe ist und sich daher schneller in seiner Bahn fortbewegt. HEVEL bemerkt, daß er den Mond nicht früher als 40 Stunden nach der Conjunction und nicht später als 27 Stunden vor der Conjunction gesehen habe, daß aber bei dem Zusammentreffen aller günstigen Umstände, selbst in der nördlichen Lage seines Beobachtungsortes, es möglich sey, den Mond schon 24 Stunden vor oder nach dem Augenblicke des wahren Neumondes zu sehen. In Gegenden, die dem Aequator näher sind, ist es eher möglich ihn früher zu sehen, zumal da eine grössere Heiterkeit der Luft in manchen südlichern Gegenden gestattet, selbst einen sehr schmalen erleuchteten Rand in der Abenddämmerung zu sehen. Nach den von HEVEL angeführten Zeugnissen ist in südlichern Gegenden, jedoch auch da sehr selten, der Mond zuweilen an demselben Tage als alter und neuer Mond, des Morgens kurz vor Sonnenaufgang, des Abends kurz nach Sonnenuntergang, gesehen worden<sup>1</sup>. Dieses kann offenbar in der nördlichen Halbkugel nur statt finden, wenn der Mond eine grosse nördliche Breite hat und daher gegen fünf Grade ober-

1 Hevelii selenographia. p. 275. 276.

halb der Sonne vorbeigeht. Gewöhnlich erscheint er erst am dritten Tage nach dem Neumonde. Wenn er im Frühlinge sehr kurze Zeit nach Sonnenuntergang erscheint, so ist sein erleuchteter Rand fast ganz nach unten gekehrt.

Die Völker, die ihre Zeit nach dem Monde bestimmen, achten sehr auf sein erstes Erscheinen, und diese erste Erscheinung diente bei den alten Völkern zur Regulirung ihrer Feste und Zeitrechnung<sup>1</sup>.

Wenn nach dem Neumonde der Mond schon bis gegen Ende der Dämmerung über dem Horizonte bleibt, so sieht man auch die nicht von der Sonne erleuchtete Seite sehr deutlich. Sie zeigt sich in einem matten Lichte, das man das *aschfarbige Licht* (*lumière cendrée*) genannt hat<sup>2</sup>, und dieses Licht ist desto heller, je näher nach dem Neumonde, übrigens bei reicherer Atmosphäre, die Beobachtung angestellt wird. Dafs dieses die Erleuchtung durch das Licht der Erde ist, leidet keinen Zweifel<sup>3</sup>. Die Mondbewohner sehen die Erde in vollem Lichte oder ihre ganze erleuchtete Seite, wenn wir Neumond haben, und auch wenige Tage nachher hat das Erdenlicht noch wenig abgenommen; dieses erleuchtet die Gegenstände auf der Nachtseite des Mondes hinreichend, um sie uns in diesem Dämmerlichte zu zeigen, ja sogar um einzelne Berge, die das Licht vorzüglich gut zurückwerfen, bei der Beobachtung mit lichtstarken Fernröhren kenntlich zu machen<sup>4</sup>. SCHAÖTER macht in Beziehung auf diese Erleuchtung durch Erdenlicht noch die Bemerkung, dafs zwar die Stellung des Mondes im März und April nach dem Neumonde Abends eben so günstig zur Beobachtung der Nachtseite sey, als im August und September Morgens vor dem Neumonde; dafs man aber dennoch im letztern Falle die Nachtseite schöner sehe, weil alsdann das feste Land von Asien, Africa und Europa erhellt dem Monde zugewandt sey, und dieses sende ihm weit mehr Licht zu, als das atlantische Meer, welches Abends nach dem Neumonde dem Monde

1 IDLER Handbuch der Chronologie. I. S. 262. 279. 512.

2 HERZL nennt es sehr passend lumen secundarium.

3 MÖSTLIN wird als der erste angesehen, der diese Erklärung gab; doch hat LEONARDO DA VINCI sie früher gekannt. De Zach Corr. astr. VII. 127.

4 SCHAÖTER's selenotopogr. Fragmente. §. 425—448. 460.

zugewandt ist; der Unterschied ist nach SCHRÖTER's Beobachtung sehr merklich, und auch GALILEI soll ihn schon wahrgenommen haben<sup>1</sup>. B.

## N e u n z i g s t e r .

*Nonagesimus; le Nonagésime; the Ninetieth;* der neunzigste Grad der Ekliptik vom Horizonte an gerechnet.

Da die Ekliptik ein größter Kreis ist, so schneidet sie den Horizont immer so, daß die Durchschnittspuncte  $180^\circ$  von einander entfernt sind, und der Neunzigste bezeichnet daher die Mitte zwischen beiden im Horizonte liegenden Puncten der Ekliptik, wo sie sich zugleich am höchsten über dem Horizonte erhebt. Jene Durchschnittspuncte der Ekliptik verändern in jedem Augenblicke ihre Stelle im Horizonte und der Nonagesimus liegt daher auch zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Gegenden über dem Horizonte; auch seine Höhe ist veränderlich. Wenn gerade die Nachtgleichenpuncte im Aufgehen und Untergehen sind, so liegt der Nonagesimus im Meridiane, und seine Höhe ist = Aequatorshöhe + Schiefe der Ekliptik, wo das obere Zeichen gilt, für unsere Halbkugel, wenn die nördliche Hälfte der Ekliptik über dem Horizonte ist, das untere Zeichen, wenn die südliche Hälfte über dem Horizonte ist. Um seine Lage zu anderer Zeit zu finden, dienen folgende Ueberlegungen.

Fig. 7. Es sey HZR der Meridian, HR der Horizont, AQ der Aequator, ESLOC die Ekliptik, O der Frühlingsnachtgleichenpunct, L der untergehende, S der höchste Punct der Ekliptik, so heist OLS die Länge, ST die Höhe des Nonagesimus und ST ist das Maß des *Winkels des Aufgangs*, das ist desjenigen Winkels SLT, den die Ekliptik mit dem Horizonte macht. Da man für jeden bestimmten Augenblick die Rectascension der Mitte des Himmels oder den Bogen OA kennt, so will ich diesen als bekannt = A, folglich OM = A —  $90^\circ$  setzen; der Winkel LMO ist der unveränderliche Winkel des Aequators mit dem Horizonte =  $90^\circ - \varphi$ , wenn  $\varphi$  die Polhöhe ist, und der Winkel MOL =  $\varepsilon$  ist die Schiefe der Ekliptik. Man findet QL am leichtesten durch die Nepperschen Regeln, nach

<sup>1</sup> SCHRÖTER Fragm. §. 14.

$$\text{welchen } \text{Tang. } \frac{1}{2} (ML + OL) = \text{Tang. } \frac{1}{2} OM \frac{\text{Cos. } \frac{1}{2} (M - O)}{\text{Cos. } \frac{1}{2} (M + O)};$$

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} (OL - ML) = \text{Tang. } \frac{1}{2} OM \frac{\text{Sin. } \frac{1}{2} (M - O)}{\text{Sin. } \frac{1}{2} (M + O)}; \text{ oder}$$

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} (ML + OL) = \frac{\text{Tang. } (\frac{1}{2} A - 45^\circ) \text{Cos. } (45^\circ - \frac{1}{2} \varphi - \frac{1}{2} \epsilon)}{\text{Cos. } (45^\circ - \frac{1}{2} \varphi + \frac{1}{2} \epsilon)}$$

$$\text{und } \text{Tang. } \frac{1}{2} (OL - ML) =$$

$$\frac{\text{Tang. } (\frac{1}{2} A - 45^\circ) \text{Sin. } (45^\circ - \frac{1}{2} \varphi - \frac{1}{2} \epsilon)}{\text{Sin. } (45^\circ - \frac{1}{2} \varphi + \frac{1}{2} \epsilon)}.$$

Hieraus ist OL, folglich auch OS = 90° + OL, als Länge des Nonagesimus, bekannt, und man findet den Winkel MLO, welcher die Ergänzung zu 180° für den Winkel des Aufgangs oder für die Höhe des Nonagesimus = h ist, durch die Formel:

$$\text{Tang. } \frac{1}{2} h = \text{Tang. } (45^\circ - \frac{1}{2} \varphi - \frac{1}{2} \epsilon) \frac{\text{Sin. } \frac{1}{2} (OL + ML)}{\text{Sin. } \frac{1}{2} (OL - ML)}.$$

Wenn man diese Formeln auf einzelne Fälle anwendet, so ist es vorthailhaft, die gemäßigte, die heisse und die kalte Zone zu unterscheiden. In der gemäßigten Zone ist die Aequatorshöhe gröfser als die Schiefe der Ekliptik und auch die Polhöhe gröfser als die Schiefe der Ekliptik, in der kalten Zone ist dagegen 90° - φ < ε, in der heissen φ < ε. Wenn 90° - φ > ε ist, so wird 45° - ½ φ - ½ ε positiv, und es hängt daher das Zeichen von Tang. ½ (OL - ML) und Tang. ½ (OL + ML) nur von Tang. (½ A - 45°) ab. Da ML + OL nicht über 180° seyn kann, wenn man OL immer als den kürzesten Bogen vom Frühlingsnachtgleichenpunkte bis zum Horizonte ansieht, so kann die Tangente dieser halben Summe nur dann negativ werden, wenn diese halbe Summe selbst negativ ist, oder, da beide Gröfsen zugleich negativ werden, nur dann, wenn O oberhalb des Horizontes und zugleich L gegen Süden vom Westpunkte M an gerechnet liegt. Ist also A > 90°, so ist OL positiv, d. h. der Nachtgleichenpunkt liegt, wie der Normalfall der Figur ihn annimmt, unterhalb des Horizontes im Westen, und der höchste Punkt der Ekliptik liegt westlich vom Meridiane, zugleich aber der culminirende Punkt der Ekliptik im zweiten Quadranten. Ist A < 90°, so sind OL, ML beide negativ; O liegt oberhalb des Horizontes im Westen (weil M der Untergangspunkt des Aequators ist), der Nonagesimus liegt östlich vom Meridiane und der culminirende Punkt der Ekliptik im ersten Quadranten. Ist A > 180°, aber < 270°,

so bleibt noch immer Tang.  $(\frac{1}{2}A - 45^\circ)$  positiv, und während der culminirende Punct der Ekliptik im dritten Quadranten ist, bleibt der Punct L auf der nördlichen Seite des Westpunctes, darum aber auch der Nonagesimus westlich vom Meridiane. Endlich wenn  $A > 270^\circ$ , der culminirende Punct im vierten Quadranten ist, so wird Tang.  $(\frac{1}{2}A - 45^\circ)$  negativ und ML, LO sind beide negativ, woraus also wieder erhellt, daß der untergehende Punct der Ekliptik südlich vom Westpuncte, ihr aufgehender Punct nördlich vom Ostpuncte liegt, also der Nonagesimus östlich vom Meridiane. Er liegt also östlich vom Meridiane, wenn der culminirende Punct sich im vierten oder ersten Quadranten d. h. in den Zeichen befindet, wo die Sonne bei ihrem Laufe in der Ekliptik sich dem Nordpole nähert, oder wenn der Frühlingspunct über dem Horizonte ist. Die Höhe

des Nonagesimus nimmt zu, wenn  $\frac{\text{Sin. } \frac{1}{2}(\text{OL} + \text{ML})}{\text{Sin. } \frac{1}{2}(\text{OL} - \text{ML})}$  zunimmt, und ist also am größten, wenn dieser Quotient am größten ist. Wenn OL und ML sehr klein sind, so kann man diese Seiten den Sinus der gegenüberstehenden Winkel proportional setzen, also

$$\frac{\text{Sin. } \frac{1}{2}(\text{OL} + \text{ML})}{\text{Sin. } \frac{1}{2}(\text{OL} - \text{ML})} = \frac{\text{OL} + \text{ML}}{\text{OL} - \text{ML}} = \frac{\text{Sin. } (90^\circ - \varphi) + \text{Sin. } \varepsilon}{\text{Sin. } (90^\circ - \varphi) - \text{Sin. } \varepsilon} = \frac{\text{Tang. } (45^\circ - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon)}{\text{Tang. } (45^\circ - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon)}$$

daraus wird für  $\text{OL} = \text{ML} = 0$ ,  $h = 90^\circ - \varphi + \varepsilon$ , und es läßt sich auch zeigen, daß für  $\text{OL} = 180^\circ$ ,  $h = 90^\circ - \varphi - \varepsilon$  ist. Jener erste Werth ist der größte, den dieser Quotient er-

langen kann, denn da  $\frac{\text{Tang. } \frac{1}{2}(\text{OL} + \text{ML})}{\text{Tang. } \frac{1}{2}(\text{OL} - \text{ML})}$  nach den obigen

Formeln einen unveränderlichen Quotienten giebt, so ist

$$\frac{\text{Sin. } \frac{1}{2}(\text{OL} + \text{ML})}{\text{Sin. } \frac{1}{2}(\text{OL} - \text{ML})} = \text{Const. } \frac{\text{Cos. } \frac{1}{2}(\text{OL} + \text{ML})}{\text{Cos. } \frac{1}{2}(\text{OL} - \text{ML})} \text{ allemal kleiner, als in dem Falle, wo } \text{OL} = \text{ML} = 0 \text{ ist.}$$

Für die heiße Zone ist  $\varphi < \varepsilon$ , also  $45^\circ - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon$  größer als  $45^\circ$ , und wenn man für Tang.  $\frac{1}{2}h$  die Formel

$$\text{Tang. } \frac{1}{2}h = \frac{\text{Cos. } \frac{1}{2}(\text{OL} + \text{ML})}{\text{Cos. } \frac{1}{2}(\text{OL} - \text{ML})} \text{Tang. } (45^\circ - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon)$$

nimmt, so ist Tang.  $\frac{1}{2}h$  größer als  $\frac{\text{Cos. } \frac{1}{2}(\text{OL} + \text{ML})}{\text{Cos. } \frac{1}{2}(\text{OL} - \text{ML})}$ . Da nun dieser Quotient  $= 1$  werden kann, welches geschieht,

wenn  $OL = ML = 0$  ist, so kommt  $h > 90^\circ$  heraus, und es kann offenbar die Ekliptik so liegen, daß ihr höchster Punkt vom südlichen Horizonte mehr als  $90^\circ$  entfernt ist.

Für die kalte Zone ist die Aequatorshöhe kleiner als die Schiefe der Ekliptik und folglich  $\text{Sin. } (45^\circ - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon)$  und  $\text{Tang. } (45^\circ - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon)$  negativ, weil  $\varepsilon > 90^\circ - \varphi$ . Hier ist also  $\text{Tang. } \frac{1}{2}(OL - ML)$  negativ, wenn  $A > 90^\circ$  und  $< 270^\circ$ , d. h.  $ML > OL$  ist, was auch schon aus  $O > M$  hervorgeht; für  $A < 90^\circ$  oder  $> 270^\circ$  werden  $OL$ ,  $ML$  beide negativ und daher  $OL - ML$  positiv, weil, der absoluten Größe nach,  $ML > OL$  bleibt.  $ML$  kann hier  $90^\circ$  werden, d. h., der Aufgangspunkt oder Untergangspunkt der Ekliptik rückt durch den halben Umfang des Horizontes fort, und der Nonagesimus kann im Norden und im Süden liegen. Auf dem Polarkreise selbst ist  $90^\circ - \varphi = \varepsilon$ , daher  $OL = ML$ , und es wird  $h = 0$ , wenn  $A = 270^\circ$  ist; dieser Werth giebt nämlich  $\text{Tang. } \frac{1}{2}(ML + OL) = \text{Tang. } 90^\circ$ , also hier  $ML = 90^\circ$ , und  $\text{Tang. } \frac{1}{2}h = \text{Tang. } (45^\circ - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon) \frac{\text{Cos. } ML}{\text{Cos. } 0^\circ} = 0$ , woraus  $h = 0$

folgt. Wenn der Herbstnachtgleichenpunkt untergeht oder  $A = 270^\circ$  ist, so liegt auf dem Polarkreise die ganze Ekliptik im Horizonte und der Winkel des Aufgangs oder  $h$  ist  $= 0$ .

Die Bestimmung des Nonagesimus wird bei der Berechnung der Parallaxe, sofern diese in Beziehung auf die Ekliptik gesucht wird, gebraucht. B.

## Neutralisation.

*Neutralisatio*; Neutralisation; *Neutralisation*; die bei der chemischen Verbindung zweier Stoffe eintretende wechselseitige Ausgleichung ihrer entgegengesetzten Eigenschaften, die sich bei einem gewissen Verhältnisse, dem Neutralisationspunkte, am vollständigsten zeigt und vorzüglich bei der Verbindung der Säuren mit den Alkalien und andern Salzbasen vorkommt. G.

Nichtleiter s. Leiter.

## N i c k e l.

*Nicolum*; Nickel; *Nickel*.

Ein zuerst 1751 von CROMSTEDT unterschiedenes, aber erst in

neuerer Zeit im reinen Zustande dargestelltes, dem Kobalt sehr verwandtes Metall, welches sich im Meteoreisen, Kupfernichel, Haarkies, Nickelglanz, Nickelspießglanzerz, Nickelocher und der Nickelschwärze findet. Es ist grauer als Silber und weißer als Stahl, nach Turruti von 8,8 specifischem Gewicht, dehnbar und zu feinem Drath ausziehbar, strengflüssiger als Gold und leichtflüssiger als Stabeisen. Es wird vom Magnete gezogen und läßt sich durch dieselben Mittel attractorisch machen, wie das Eisen, und zwar verhält sich seine magnetische Kraft zu der des Eisens nach LAMPADIUS = 7:11, nach WOLLASTON = 2 bis 3:8 bis 9, und es verliert nach TOURTE den Magnetismus durch mehrmaliges Glühen.

Das Nickel bildet mit Sauerstoff ein Oxyd und ein Hyperoxyd. Das *Nickeloxyd* (29,5 Nickel auf 8 Sauerstoff) ist ein graues, nicht magnetisches Pulver. Es bildet mit Wasser ein apfelgrünes Hydrat und liefert mit Säuren Salze, welche in wasserhaltigem Zustande smaragdgrün und apfelgrün, im entwässerten gelb gefärbt sind. Ihre wässrige Lösung wird durch ätzendes Kali apfelgrün, durch kohlen-saures grünlichweiß und durch hydrothionsaures schwarz gefällt; ätzendes Ammoniak führt die grüne Farbe der Lösung ohne alle Fällung in die violette über; der durch kohlen-saures Kali oder Ammoniak bewirkte Niederschlag löst sich in einem Ueberschusse derselben mit grünblauer Farbe auf; Eisen und freie Hydrothionsäure bewirken keine Fällung. Das *salpetersaure* Nickel-oxyd krystallisirt in zerfließlichen smaragdgrünen Säulen; das *schwefelsaure* bald in Quadratoktaedern, bald in geraden rhombischen Säulen, und das *kohlensaure* ist ein blaßapfelgrünes, nicht in Wasser lösliches Pulver. Mit schmelzendem Borax liefert das Nickeloxyd ein gelbes Glas. Das *Nickelhyperoxyd* (29,5 Nickel auf 12 Sauerstoff) ist eine schwarze Masse von muscheligem, glänzendem Bruche.

Das *Chlornickel* ist citrongelb und löst sich in Wasser zu salzsaurem Nickeloxyd, welches in kleinen, grasgrünen, zerfließlichen, wasserhaltigen Krystallen anschießt. Das *Schwefelnickel*, welches natürlich als Haarkies vorkommt, ist speisgelb und nicht magnetisch. Das *Phosphornickel* ist weiß, metallglänzend, spröde, leicht schmelzbar und ebenfalls unmagnetisch. Durch Aufnahme von Kohlenstoff beim Schmelzen mit



Kohle wird das Nickel zwar spröde, verliert aber nicht seinen Magnetismus. G.

## N i v e l l i r e n .

Auch wohl: Wasserwägen; *Libellatio*, *Libratio aquarum* (Vitruv.); Nivellement; *Levelling*.

Die Bestimmung gleich hoch liegender Punkte und die daran geknüpfte Bestimmung, um wieviel zwei gegebene Punkte an Höhe über der Erde verschieden sind, geschieht durch Nivelliren. Der Zweck desselben ist, entweder eine gegebene Ebene, z. B. die Tafel des Mefstisches bei Messungen, horizontal zu stellen, oder in größeren Entfernungen eine Reihe von Punkten anzugeben, deren Höhe entweder gleich oder in bestimmtem Maße verschieden ist.

### Mittel zur Horizontalstellung eines Instruments.

Um den ersten Zweck zu erfüllen, bedient sich der gewöhnliche Maurer, Zimmermann u. s. w. der Setzwaage, eines Instruments, das eine ebene Fläche als Basis hat, über welcher sich eine gegen diese senkrechte Tafel erhebt, auf der eine gegen die Grundfläche senkrechte Linie gezogen ist; in einem Punkte dieser Linie ist ein Faden, an welchem ein Gewichtchen hängt, befestigt, und das Einspielen dieses Fadens auf jene Linie zeigt, daß die Linie vertical, also die Grundlinie des Instruments horizontal ist. Wo es nur darauf ankommt, einen Stein oder Balken horizontal zu legen, gewährt dieses Instrument hinreichende Genauigkeit.

Zu genauerm Gebrauche wendet man die Niveaus mit der Luftblase an. Ist es nur die Absicht, den Mefstisch horizontal zu stellen, wobei es nicht auf die strengste Genauigkeit ankommt, so reicht ein rundes Niveau, wo die Luftblase sich in die Mitte stellt, zu. Ein niedriges cylindrisches Gefäß, oben mit einem Uhrglase geschlossen und mit Weingeist oder gefärbtem Wasser so weit gefüllt, daß nur ein kleiner Raum frei bleibt, ist an der Grundfläche so abgeglichen, daß die Ebene der Grundfläche parallel mit dem höchsten Theile des oben schließenden, eine convexe Oberfläche darbietenden Uhrglases ist; steht also die Luftblase genau in diesem höchsten Theile

des Glases, so ist die Grundfläche des Niveau's, mithin auch die Fläche, worauf es steht, horizontal, mit einer Genauigkeit, die für eine Menge von Fällen zureichend ist.

Zur sehr genauen Aufstellung eines astronomischen Instruments kann sowohl das herabhängende Loth, als das Niveau mit der Luftblase dienen. Das erstere wird noch oft bei Instrumenten, die zur Abmessung der Zenithdistanzen bestimmt sind, angewandt, und es dient da, um das Instrument so zu stellen, daß die vom Mittelpuncte zu dem ersten Theilungspuncte gehende Linie genau vertical sey. Dieses Loth besteht am besten aus einem Silberfaden, woran ein mit Schrot beschwertes Eimerchen hängt, und das letztere läßt man in ein mit Wasser gefülltes Glas hängen, damit das Wasser die allzulange dauernden Oscillationen des Lothes hindere; jedoch muß das Eimerchen ganz eingetaucht und das Wasser rein seyn, damit der Widerstand des Wassers nicht zu sehr hemmend wirke. Dieser Faden muß genau vor dem auf dem Instrumente bezeichneten Puncte einspielen, und da hier einiger Abstand des Fadens von der Ebene des Instruments unvermeidlich ist, so kann die Parallaxe des Auges, selbst wenn das Auge nur wenig von der durch den bezeichneten Punct gehenden, auf der Ebene des Instruments senkrechten Ebene entfernt ist, merklichen Nachtheil bringen. Um diesem Nachtheile gänzlich auszuweichen, hat RAMSDEN ein sinnreiches Mittel angewandt; indem er durch ein convexes Glas von kurzer Brennweite ein Bild des auf dem Instrumente bezeichneten Punctes genau in dem Abstände von der Ebene des Instruments hervorbringt, wo sich der Faden befindet; indem man also mit einem Oculare beobachtet, ob der Faden durch die Mitte dieses Bildes geht, ist man der Gefahr einer Parallaxe gar nicht ausgesetzt, weil Faden und Bild wirklich zusammenfallen. Der Punct, der sich im Bilde darstellen soll, ist auf einer kleinen Perlmutterscheibe auf dem Instrumente angebracht, und diese kann durch eine geringe Aenderung ihrer Stellung genau in diejenige Lage gebracht werden, welche sie haben muß, damit das Bild ganz genau der richtigen Lage des Lothes entspreche. Diese Einrichtung heißt bei den Engländern RAMSDEN's Geist (*Ramsden's ghost*), weil man nicht einen wirklichen Gegenstand, sondern nur sein Bild sieht.

Von noch ausgedehnterem Gebrauche ist das Niveau mit der Luftblase (*niveau à bulle d'air*), die Libelle. Es besteht

an einer cylindrischen Glasröhre, die größten Theils mit Spiritus gefüllt und, nachdem sie hermetisch geschlossen worden, auf einer mit der Axe des Cylinders parallelen Grundfläche AB befestigt ist. Hat dann die Axe des Cylinders eine horizontale Lage, so muß die Luftblase CD in der bei EF sichtbaren Flüssigkeit in der Mitte stehen, und diese Stellung zeigt also, daß diese Ebene, auf welcher das Niveau mit seiner Grundfläche AB steht, nach der Richtung des Niveau's horizontal ist. Damit aber die Luftblase sich bei der richtigen Stellung in der Mitte halte und bei geringer Neigung nur nach und nach sich von der Mitte entferne, muß die Röhre eine allerdings sehr geringe Krümmung ihrer Axe haben, und diese Krümmung muß desto mehr einem großen Halbmesser zugehören, je mehr Empfindlichkeit man von dem Instrumente verlangt. Die Röhre muß calibriert seyn; denn obgleich es bei *gleich bleibender* Größe der Luftblase darauf nicht ankäme, so wird die Ungleichheit des Inhalts an beiden Enden doch merklich, wenn bei geringerer Wärme die Flüssigkeit einen geringeren Raum einnimmt, indem dann die Vergrößerung der Blase nicht an beiden Enden gleich seyn würde. Die Blase selbst muß nicht zu klein seyn, um hinlänglich leichte Beweglichkeit zu haben, aber doch auch selbst bei niedriger Temperatur sich nicht zu sehr der Länge der Röhre selbst nähern. Man bringt auf der Oberfläche des Glascylinders eine Theilung ab, cd an, die am besten in der Mitte Null hat und nach beiden Seiten hin fortzählend die Theile angiebt; auf dieser muß, wenn das Niveau gut ist, bei genauer Stellung des Niveau's, die Blase bei jeder Temperatur bis zu gleichnamigen Theilstrichen rechts und links reichen. Die Theilung von den Endpunkten der Blase an zu zählen ist weniger gut, weil eine solche Theilung doch nur für eine mittlere Temperatur gelten könnte. Die Länge der Niveauröhre ist nach Verschiedenheit der Zwecke ungleich und, wo man größte Genauigkeit fordert, größer, etwa 12 bis 18 Zoll.

Um zu bestimmen, ob der Nullpunct der Scale richtig angegeben ist, reicht es in vielen Fällen zu, die Ebene, auf welcher die Grundfläche AB ruht, so zu stellen, daß die Blase sich in der Mitte befindet, und dann das Niveau in entgegengesetzter Lage auf eben der Ebene aufzustellen; findet sich dann die Blase eben so gut in der Mitte, wie bei der ersten Lage, so ist das Niveau richtig, sonst aber bedürfte es einer

Fig.  
8.

**Correction.** Ist das Niveau zu sehr genauen Bestimmungen eingerichtet, so ist es entweder mit gleich hohen Füßen zum Aufsetzen auf ein Fernrohr, oder mit hakenförmigem Ansätzen zum Anhängen an ein Fernrohr versehen; in beiden Fällen verlangt man, daß beide Stützpunkte in einer Linie liegen, die horizontal ist, wenn die Luftblase ihre richtige Stellung in der Mitte der Niveauröhre einnimmt, und prüft die Richtigkeit auf folgende Weise. Man bringt das Niveau an dem Fernrohre eines bis auf Secunden theilenden Winkel-Instrumentes an den dazu bestimmten Punkten an und stellt das Fernrohr in die Lage, wo die Luftblase ihren richtigen Platz einnimmt; dann aber wendet man das Niveau um, daß das vorhin dem Objective des Fernrohrs zugewandte Ende nun dem Oculare zugewandt ist, und bei unveränderter Stellung des Fernrohrs muß auch in dieser zweiten Lage die Blase wieder genau den mittleren Platz einnehmen; wäre das nicht der Fall, so wäre der Nullpunkt nicht streng richtig, und wenn man das Fernrohr nun um so viel anders stellt, daß die Blase auf Null zurückkommt, so wird der Fehler, vermöge dessen die Axe des Fernrohrs einmal hinaufwärts, einmal hinabwärts von der wahren Horizontallinie abwich, halb so viel betragen, als der Winkel, um welchen man das Fernrohr hat fortrücken müssen und den man mit Hülfe des Nonius am Rande des Instruments abliest. Dieser Versuch muß bei verschiedenen Temperaturen wiederholt werden, um zu sehen, ob, wenn die Blase bei höheren Temperaturen oder bei größerer Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeit weniger Raum einnimmt, und bei niedrigeren Temperaturen immer die verlangte Richtigkeit statt findet. — Daß auch das Fernrohr zu dieser Prüfung eingerichtet seyn muß, daß nämlich den Füßen oder Haken des Niveau's ihr genauer Platz angewiesen seyn muß, wo sie mit immer gleicher Genauigkeit, auch bei Vertauschung der Ruhepunkte, sich aufliegen, versteht sich von selbst. Da der Zweck gewöhnlich der ist, daß auch die Axe des Fernrohrs horizontal sey, so sind die Punkte, welche zur Unterstützung des Niveau's bestimmt sind, eben so in einer mit der Axe des Fernrohrs parallelen Linie, wie es die Punkte der Füße oder Haken mit der dem Nullpunkte des Niveau's entsprechenden Horizontallinie sind.

Um die Größe des Drehungswinkels in dem eben erwähnten Falle abzumessen und auch um die Empfindlichkeit des

Niveau's zu prüfen kann man, wenn man keinen sehr genau bis auf Secunden theilenden Kreis anzuwenden Gelegenheit hat, das Fernrohr auf einen entfernten Gegenstand richten und die Verschiedenheit der Höhe der dort bei den entgegengesetzten Legen des Niveau's im Fadenkreuze des Fernrohrs erscheinenden Punkte als Maß des Winkels bei bestimmter Entfernung anwenden. Eine ähnliche Bestimmung ergiebt auch die Empfindlichkeit des Niveau's. Es sey nämlich dasselbe mit dem Fernrohre eines Secunden angehenden Kreises verbunden und zuerst das Fernrohr so gestellt, daß das Niveau seine genau horizontale Stellung hat, indem die Blase die Mitte der Scale einnimmt; dann ändere man die Richtung des Fernrohrs um so wenig, daß die Blase nur eine oder einige Abtheilungen der Scale durchläuft, so sieht man aus der Vergleichung mit dem am Nonius des Instruments abgelesenen oder durch mikrometrische Messung bestimmten Winkel oder durch Abmessung der durch beide Gesichtslinien auf einem entfernten Gegenstande abgeschnittenen Höhen, wie viel Abweichung von der Horizontalinie den Theilen der Niveauscale entspricht. Je größer der Krümmungshalbmesser der dem Niveauohre (der Axe des Cylinders) gegebenen Krümmung ist, desto empfindlicher wird das Niveau seyn; verrückt sich die Blase um  $n$  Linien für 1 Secunde, so ist eine Bogensecunde  $= n$  Linien, also der Halbmesser der Krümmung  $= 206265 \cdot n$  Linien. An dem von REICHENBACH und EATEL für die Königsberger Sternwarte verfertigten Meridiankreise betrug<sup>1</sup> die Verrückung der Luftblase 1 paris. Linie für  $2'',227$ , also ist der Halbmesser der Krümmung  $= 643$  Fuß, und diese Krümmung fand sich gleichförmig, als die Blase durch 4 Zoll fortgeführt wurde.

Um das Niveau vor Veränderungen durch Wechsel der Temperatur und daraus hervorgehende Ausdehnung des Metalls zu sichern, scheint es empfehlenswerth zu seyn, daß man die Röhre E F bloß in der Mitte befestige<sup>2</sup>.

### Das Nivelliren entfernter Punkte.

Soll das Nivelliren den zweiten oben erwähnten Zweck erfüllen, so bedient man sich, je nachdem die Genauigkeit es for-

<sup>1</sup> BESSEL's astr. Beobacht. Abth. VI. S. VII. Abth. IX. S. I.

<sup>2</sup> PEARSON Introduction to practical Astronomy. Vol. 2. p. 287. VII. Bd.

dert, verschiedener Instrumente, die alle so eingerichtet sind, daß man eine genau horizontale Richtungslinie mit Hülfe derselben erhält, und indem man diese als Visirlinie, um auf einen entfernten Gegenstand zu sehen, anwendet, an diesem Gegenstande einen Punct bestimmt, der genau in der durch das Auge gezogenen Horizontallinie liegt.

Werkzeuge zu diesem Zwecke sind bereits im Alterthume bekannt gewesen, und schon VITRUVIUS erwähnt ein solches<sup>1</sup>, wo ein Lineal dadurch horizontal gestellt wird, daß ein an einem Faden hängendes Loth die verticale Lage des auf jenes Lineal senkrechten Stückes angiebt, und wenn der Wind das herabhängende Loth nicht zum Stillstehen kommen läßt, soll in eine auf der horizontalen Ebene angebrachte Rinne Wasser gegossen werden, dessen genau mit der Ebene übereinstimmender Stand zeigt, daß sie horizontal ist. Aehnliche Werkzeuge, die freilich keine Genauigkeit versprechen, sind auch in späterer Zeit noch angewandt worden.

Ein ebenfalls noch sehr unvollkommenes Instrument ist die *Fig. 9. Canalwaage*. Sie besteht aus einer mehrere Fuß langen blechenen Röhre AB, an welcher zwei gleichweite Glasröhren AC, BD wasserdicht unter rechten Winkeln befestigt sind. Diese Röhre wird auf einem Fusse, wo man ihr die gehörige Richtung, sowohl durch horizontale Drehung, als auch durch Aenderung der Neigung gegen den Horizont, geben kann, aufgestellt, und die Röhre AB ungefähr horizontal gestellt. Gießt man dann Wasser in die Röhre und füllt sie so weit, daß beide Oberflächen sich in den Röhren AC, BD befinden, so liegen bekanntlich beide Oberflächen E, F in einer Horizontal-Ebene, und wenn man über beide Oberflächen weg oder neben den Röhren vorbei so visirt, daß die Gesichtslinie an beiden Oberflächen hinstreift, so kann man einen entfernten Punct in dieser Horizontallinie bezeichnen. Man muß sich bei der Füllung der Röhre, die deswegen nicht zu eng seyn darf, hüten, daß nicht irgendwo Luftblasen in dem Theile AB bleiben, weil sonst, bei einiger Neigung dieser Röhre, das Gleichgewicht bei ungleich hoher Lage der beiden Flächen E, F eintritt. Man muß, obgleich die Wasserflächen sich wegen der Anziehung der Glaswände an diesen hinaufziehen und dadurch eine von der

1 Vitruvii de architectura libri decem. VIII. G.

Ebene abweichende Fläche bilden, sich doch bemühen, die richtige Ebene der Wasserfläche in der Mitte der Röhre zur Bestimmung der Horizontallinie ins Auge zu fassen. Um dieses etwas zu erleichtern ist es gut, wenn an einem die Röhre AC umfassenden Ringe eine Diopter seitwärts angebracht ist und eben so an der zweiten Röhre sich eine zu diesem Zwecke dienende Diopter befindet; stellt man den Rand des einen und den Rand des andern Ringes mit der Wasserfläche gleich hoch, so muß die Lage der kleinen Oeffnung, durch welche das Auge bei E sieht, in eben der Horizontallinie liegen, in welcher sich das am der zweiten Diopter angebrachte horizontal ausgespannte Haar gh befindet, und der entfernte Punct, der für das Auge bei E durch die Linie gh verdeckt wird, ist der abzuvisirende, in eben der Horizontallinie liegende Punct. Diese letzte Einrichtung hat, wenn man nur sicher ist, daß die Ringe an den Glasröhren und dadurch die Dioptern richtig gestellt sind und daß das Instrument keine Verrückung leidet, wenigstens den Vorzug, daß man nicht, wie es ohne diese Vorrichtung geschehen muß, genöthigt ist, mit demselben Auge, das sich nur 12 oder 18 Zoll diesseit E befindet, die Oberfläche E, die Oberfläche F und den entfernten Gegenstand zu beobachten. Da durch ein solches Fixiren des Auges auf drei in ganz ungleichen Entfernungen liegende Gegenstände das Auge sehr angestrengt wird, indem es sich fast jeden Augenblick abwechselnd fernsichtig und nahesichtig einrichten muß, so ist schon deswegen die Canalwaage, ohne solche Dioptern, ein höchst unbequemes, das Auge verderbendes Instrument. Was die damit zu erreichende Genauigkeit betrifft, so ist auch diese offenbar geringe, da die unvermeidlichen Abweichungen der Gesichtslinie von den beiden Oberflächen in größserer Ferne sehr bedeutende Fehler geben, wenn auch diese Abweichungen an der zweiten Oberfläche F nur wenig betragen. Zum Abnivelliren einer Heerstrasse, wo es auf einige Zolle nicht ankommt, läßt sich indeß das Instrument gebrauchen.

Auf ganz ähnlichen Gründen beruht die von DE LA HIRE angegebene Wasserwaage, wo auf dem Wasser in den Röhren zwei Dioptern schwimmen oder statt derselben bei F eine Objectivlinse, bei E ein Ocular schwimmend angebracht ist. Es versteht sich, daß die durch diese Gläser bestimmte Gesichtslinie mit den beiden Wasserflächen parallel seyn muß. KEITH

hat dieser Einrichtung dadurch mehr Vollkommenheit gegeben, daß die beiden Dioptern auf Quecksilber schwimmen, welches die untere Röhre füllt. Indem die Dioptern oder zwei als Objectiv und Ocular zusammengehörende Gläser, auf cylindrischen oder würfelförmigen Grundlagen stehend, von Quecksilber getragen werden und eine mit der Quecksilberfläche parallele Gesichtslinie darbieten, wird der Zweck erreicht.

Diesen Instrumenten weit vorzuziehen sind die mit einem Niveau mit Luftblase. Ihre Einrichtung ist dem Wesentlichen nach die, welche unter dem Namen der *Sisson'schen Wasserwaage* bekannt ist, wenn gleich im Einzelnen Verschiedenheiten angebracht sind. Ein Fernrohr nämlich, mit einem Faden-  
 10. Fig. kreuze versehen, A B, ist mit der Niveauröhre C D so verbunden, daß die Axe des Fernrohrs horizontal ist, wenn die Blase des Niveau's ihre richtige Stellung in der Mitte der Röhre einnimmt. Da man mit Hülfe der größern Stellungsmittel, die auf bekannte Weise an dem Fusse des Instruments angebracht sind, dem Fernrohre schon ziemlich nahe die horizontale Stellung geben kann, so bedarf es nur noch der feinen Schraube E, um die Stellung so zu ändern, daß das genaue Eintreffen der Blase auf dem Nullpunct (oder von diesem sich gleich weit nach beiden Seiten erstreckend) statt finde. Ist diese Stellung erreicht, so visirt man nach dem entfernten Gegenstande, dessen Höhe bestimmt werden soll. So unmittelbar kann man das Instrument anwenden, wenn man von seiner Richtigkeit völlig überzeugt ist; um sich von dieser zu überzeugen, dient auch hier das Umlegen des Niveau's oder des Fernrohrs. Ist nämlich das Niveau so eingerichtet, daß es mit genau anschließenden Haken auf dem Fernrohre ruht, so kann man, bei unveränderter Lage des Fernrohrs, die Enden des Niveau's verwechseln, und es muß die Blase dann nach dem Umlegen wieder auf dem Nullpuncte stehen, wenn das Instrument richtig ist. Findet sich das Gegentheil, so corrigirt die Schraube G diese Abweichung, und man wird diese Correction immer gern vornehmen, um das Instrument nachher desto einfacher gebrauchen zu können; daß aber die Prüfung der Richtigkeit von Zeit zu Zeit wiederholt werden muß, versteht sich wohl von selbst. Ist das Niveau nicht zum Verwechseln eingerichtet, so wird man gewöhnlich das Fernrohr mit dem Niveau verbunden umlegen können und verfährt dann auf folgende Weise. Da das Fernrohr allemal mit



einem Fadenkreuze versehen ist, dessen Mitte in der genauen Axe des Fernrohrs liegt, so stellt man das Fernrohr so, daß das Niveau die Blase in der Mitte zeigt, und bemerkt dann den entfernten Punct, der durch die Mitte des Fadenkreuzes bedeckt wird. Man dreht dann auf dem Zapfen F, der die horizontale Bewegung des Instruments gestattet, das ganze Instrument in die entgegengesetzte Richtung und legt das Fernrohr in seinen Lagern um, so daß das Objectiv jetzt dahin kommt, wo eben vorhin das Ocular lag, und da so durch doppelte Uwendung das Fernrohr wieder nach eben dem Gegenstande, wie vorhin, gerichtet ist, so führt man durch die Schraube E das Niveau wieder auf den richtigen Stand der Blase zurück. Wenn, wie es seyn soll, die Höhe der Axe des Fernrohrs dadurch nicht geändert ist, so sollte nun beim Visiren durch das Fernrohr derselbe Punct vom Fadenkreuze gedeckt erscheinen, wie vorhin, und wenn dieses geschieht, so ist die Stellung des Niveau's richtig, statt daß eine Correction durch die Schraube G statt finden muß, wenn sich ein Mangel an Uebereinstimmung zwischen den beiden Zielpuncten findet. Hat man diese Berichtigung angebracht, so zeigt die richtige Stellung der Blase eine genau horizontale Lage der Gesichtslinie des Fernrohrs. Die Empfindlichkeit des Niveau's und eben dadurch die Genauigkeit, mit welcher man beobachten kann, bestimmt man wieder dadurch, daß man mit Hülfe der Schraube E die Blase um einen Theilstrich von der richtigen Stellung entfernt und mit dem Fernrohre beobachtet, um wie viele Linien der in bekannter Entfernung liegende Zielpunct sich dadurch ändert.

Unter den Veränderungen, die man an diesem Instrumente vorgeschlagen hat, scheint mir die von VON MITIS vorgeschlagene<sup>1</sup> vorzüglich eine Erwähnung zu verdienen. Die eine Verbesserung besteht darin, daß ein eingetheilter horizontaler Kreis angebracht ist, der durch eine eigene Libelle horizontal gestellt wird, und welcher dazu dient, wenn man aus einerlei Standpuncte nach verschiedenen Richtungen visirt, die horizontalen Winkel, um welche diese Richtungen verschieden sind, abzumessen. Eine zweite Verbesserung, deren Nutzen ich nachher angeben will, ist ein am Fusse des Instruments angebrachter

---

<sup>1</sup> Das Nivellement mit einem neu erfundenen Instrumente von v. Mitis.

verticaler Stab, der, indem er sich auf dem Punct am Boden, dessen Höhe eigentlich mit entfernten Puncten verglichen werden soll, aufstützt, dem Fernrohre bei allen Beobachtungen eine gleiche Höhe über jenem Puncte giebt. Die dritte Verbesserung kann für viele Fälle von wesentlichem Nutzen seyn, wenn sie gleich zu dem Einwurfe, daß sie das Instrument zusammengesetzter macht, Anlaß giebt. Das Fernrohr steht nämlich oberhalb jenes Kreises so, daß es sich in der Vertical-Ebene, die durch ein auf jenem Kreise bewegliches Lineal geht, in horizontale, aber auch in geneigte Stellung bringen läßt, und ist statt eines Niveau's mit dreien versehen, deren zwei eine bedeutend geneigte Stellung gegen das Fernrohr annehmen können. Das eine derselben ist, wie bei dem vorigen Instrumente, bestimmt, die Axe des Fernrohres horizontal zu stellen, und dieses wird also auf die gewöhnliche Weise berichtigt, so daß die Visirlinie horizontal ist, wenn die Blase in der Mitte steht. Die beiden andern sind bestimmt, das eine Höhenwinkel, das andere Tiefenwinkel anzugeben, und man berichtigt ihre Stellung auf folgende Weise. Nachdem das der Horizontalstellung zugehörnde Niveau berichtigt ist, bringt man das Fernrohr in die genau horizontale Stellung und läßt in bestimmter Entfernung, z. B. 500 Fufs, die nachher zu beschreibende Visirtafel aufstellen und ihre Mitte so heben oder senken, daß die horizontale Gesichtslinie ihre Mitte trifft. Nun berechnet man für den Höhenwinkel, für den man das zweite Niveau zu stellen beabsichtigt, wie viel die unter diesem Höhenwinkel geneigte Linie in jener Entfernung von 500 Fufs sich über die Horizontallinie erhebt, und um so viel höher stellt man die Nivellirtafel. Man ändert die Neigung des Fernrohres, bis die Mitte des Fadenkreuzes die Mitte der Visirtafel deckt, und ist also gewiß, so eine unter dem verlangten Höhenwinkel geneigte Linie abzuvisiren, und bei dieser ungeändert bleibenden Stellung des Fernrohres führt man das zweite Niveau durch eine dieses Niveau allein bewegende Schraube auf die Stellung, wo die Blase die Mitte einnimmt. Da auf diese Weise die Horizontallinie des Niveau's mit der Axe des Fernrohres den bestimmten Winkel macht, so kann man nun zur Abvisirung jeder eben so geneigten Linie das mit Hülfe dieser Libelle eingestellte Fernrohr gebrauchen. Daß man für Tiefenwinkel, für welche das dritte Niveau bestimmt ist, auf gleiche

Weise verfährt, ist nun leicht zu übersehen. Man kann, wie auch von Mitis bemerkt, zu demselben Zwecke, Linien in bestimmter Neigung abzusehen, auch außer den Kreuzfäden noch zwei bewegliche Horizontalfäden in dem Fernrohre anbringen und diese so weit von der Mitte des Fernrohrs entfernen, daß sie einer bestimmten Neigung entsprechen, während der Mittelfaden die Horizontallinie bezeichnet. Diese unter einem bestimmten Winkel geneigten Visirlinien können einen doppelten Vortheil gewähren, indem sie erstlich, wenn man drei Beobachtungen macht, die etwa entstandene Unrichtigkeit eines der Niveau's sogleich kenntlich machen, und zweitens da, wo der Boden zu abhängig ist, um weit genug eine Horizontallinie abzusehen, doch ein Nivelliren auf bedeutende Entfernungen erlauben.

Ich habe bisher öfter die Bestimmung des Zielpunctes erwähnt, auf welchen die Axe des Fernrohrs gerichtet oder der durch die Mitte oder den Horizontalfaden des Fadenkreuzes gedeckt ist; die Mittel, um diesen genau zu bestimmen, gehören mit zu den wesentlichsten Gegenständen beim Nivelliren. Man bedient sich dazu der *Nivellirtafel*, die an der *Nivellirlatte* in höherer oder tieferer Stellung befestigt wird. Diese Nivellirtafel ist gewöhnlich eine viereckige Tafel, deren zwei Seiten horizontal erhalten werden und deren Mittellinie dadurch kenntlich gemacht ist, daß man die Tafel in vier gleiche Felder theilt hat, deren zwei weiß, zwei schwarz gefärbt sind und die einander schief gegenüber stehen. Indem so das obere Viertel rechts schwarz an eine untere weiße Fläche grenzt und ebenso das obere weiße Viertel an eine schwarze Fläche, zeichnet sich die Mittellinie, auf die man das Fernrohr richtet, hinreichend aus. Netto hält ein schwarzes Kreuz auf einer kreisförmigen Scheibe für noch besser und verlangt, daß man den Faden des Fernrohrs, nach der Richtung AB gestellt, zwei Felder halbiren lasse. Angemessener scheint mir aber von Mitis's Vorschlag, einen zwei Linien breiten Streif als Mittellinie mit einer hellen Farbe, z. B. roth, auf der Visirtafel als Horizontallinie zu zeichnen, diesen an beiden Seiten mit einem 8 Linien breiten Streife von anderer, z. B. weißer Farbe einzufassen und allenfalls noch eine zweite Einfassung von kenntlich abstechender, z. B. schwarzer Färbung oberhalb und unterhalb dieser aufzutragen, woran sich dann erst die gleichmäßige

Färbung der übrigen Tafel anschließt. Man hat dann für eine nahe Aufstellung der Tafel den rothen Streif, der von dem Faden des Fernrohrs halbirt werden muß; für eine entferntere Stellung der Tafel, wo der Faden den rothen Streif ganz verdeckt, bedient man sich der beiden weißen Streifen u. s. w. Die Nivellirlatte muß genau vertical aufgerichtet werden und an ihr verschiebbar ist die Tafel befestigt; diese wird in einer Nuthe, wo sie sich durch Reibung auf ihrem Platze erhält, vermittelst eines auch höhere Stellungen gestattenden Armes herauf oder herab gezogen. Auf der Nivellirlatte ist, abwärts von dem Beobachter am Fernrohre, d. i. dem zugewandt, der die Stellung der Tafel besorgt, eine genaue Theilung aufgetragen und ein mit der abvisirten Mitte der Tafel übereinstimmendes Zeichen giebt die abzulesende Höhe an. Man setzt die Visirlatte am besten auf einen als genau zu bestimmenden Höhenpunct eingeschlagenen, gewöhnlich nicht viel über dem Boden hervorragenden Pfahl, um diesen Punct mit aller Genauigkeit wieder aufzufinden. Ist das Nivellir-Instrument so eingerichtet, daß es, mit einem verticalen Stabe am Fusse versehen, eine immer genau gleiche Höhe des Fernrohrs ergiebt, so kann man an der Nivellirlatte in dieser Höhe des Fernrohrs den Nullpunct aufzeichnen. Eine solche immer gleiche Höhe des Fernrohrs gewährt den Vortheil, daß, wenn das Fernrohr auf die Station gebracht wird, wo vorhin die Zielscheibe war, und man die letztere, um zurück zu visiren, da aufstellt, wo vorhin das Fernrohr stand, man eben das Maß unter Null an der Visirlatte finden muß, wie vorhin über Null, und also etwa begangene Fehler oder eine unnichtige Stellung der Libelle sogleich bemerkt.

Wenn der Boden nach der Richtung der zu nivellirenden Linie so erheblich steigt, daß man mit der durch das Fernrohr gezogenen Horizontallinie allzufrüh den Boden selbst trafe, so ist es, um auf längere Stationen hinaus zu sehen, gewiß bequemer, eine Richtungslinie unter bestimmtem Höhenwinkel abzuvisiren. PUSSANT beschreibt zu diesem Zwecke unter dem Namen *Klitometer*<sup>1</sup> oder *niveau de pente* ein Instrument, wo an einem langen Diopterlineale, an der entfernten Diopter, Abtheilungen bezeichnet sind, um, indem man das dortige

<sup>1</sup> Von *κλίμα*, Neigung.

zum Visiren bestimmte Merkmal herauf oder herab schiebt, während das Lineal selbst horizontal bleibt, die Neigung der Gesichtslinie zu bestimmen. Zweckmäßiger ist hier wohl die von vor MITIS angegebene Einrichtung, bei welcher man am liebsten das eine Niveau einem bestimmten Höhenwinkel, das andere einem genau eben so großen Tiefenwinkel entsprechend stellen wird, um das eine beim Vorwärtsvisiren, das andere beim Zurückvisiren anzuwenden. Da man bei abgemessenen Entfernungen weiß, um wieviel zu hoch oder zu tief die geneigte Linie einschneidet, so ist die Bestimmung der ungleichen Höhe der verschiedenen Punkte leicht zu erhalten.

Was das genaue Verfahren bei Bestimmung dieser relativen Höhe der verschiedenen Punkte betrifft, so ist es dem Wesentlichen nach folgendes. Man schlägt zuerst, um fest bestimmte Punkte zu haben, an den Stellen, wo die gegenseitige Höhenbestimmung gefordert wird, Pfähle ein, deren Köpfe ich als mit dem Boden selbst zusammenfallend ansehe. Ueber einem derselben stellt man, am liebsten in immer genau gleicher Höhe, das Fernrohr auf; der nächste dient der Visirlatte zum Fußpunkte. Da gewöhnlich die Visirlinie des Fernrohrs horizontal ist, so ergiebt (abgesehen von der Krümmung der Erde) die Höhe der Mitte der Visirlatte sogleich den Höhenunterschied der beiden Pfahlköpfe, und wenn man auf der Nivellirlatte von dem mit der Höhe des Fernrohrs gleich hoch liegenden Nullpunkte zu zählen anfängt, so hat man unmittelbar jenen Höhen-Unterschied, sonst aber ist er gleich der Differenz der Höhe des Fernrohrs und der Höhe des abvisirten Punktes. Wäre man genöthigt, nach einer geneigten Linie zu visiren, so ist es erforderlich die Entfernung zu kennen, um den Abstand des abvisirten Punktes von der Horizontallinie zu berechnen. Um sich von der Richtigkeit der Operation und von der richtigen Stellung des Fernrohrs zu überzeugen, pflegt man mit Vertauschung der Standpunkte zurück zu visiren. Findet sich da der Höhen-Unterschied genau wie vorhin, so ist die Stellung des Fernrohrs richtig; wenn dagegen das Fernrohr von der Horizontallinie abweicht, so verdoppelt sich der begangene Fehler und wird dadurch kenntlich. Liegt der zweite Punkt um  $x$  niedriger als der erste, so ist (ohne Rücksicht auf die Krümmung der Erde) die Höhe des visirten Punktes, wenn dieses der zweite Punkt ist,  $= h + x + D. \text{Tang. } i = H$ , wenn  $h$

die Höhe des Fernrohrs,  $D$  die Entfernung,  $i$  die Neigung der Gesichtslinie ist; dagegen die Höhe des visirten Punctes, wenn dieses der erste Punct ist,  $= h - x + D \cdot \text{Tang. } i = H'$ ; allemal also ist  $x = \frac{H - H'}{2}$ , wenn  $h$  in beiden Fällen gleich ist, so

dafs die Neigung des Fernrohrs hier zwar bemerkt wird, aber auf die Bestimmung der Höhe, wenn die doppelte Beobachtung statt gefunden hat, keinen Einflufs hat. Ohne dieses Zurückvisiren hätte man  $x = H - h - D \text{ Tang. } i$ , wo der Fehler wegen der Neigung  $i$  seinen vollen Einflufs behält. Da man auf diese Weise von Punct zu Punct fortschreitet, so wird jedes Punctes Höhe durch den vorhergehenden und also auch jede Höhe in Beziehung auf den ersten Punct bestimmt.

Diese von Punct zu Punct fortschreitende Bestimmung würde, wenn sie auch ohne allen Fehler ausgeführt wäre, doch, wofern nicht jedes Mal ein Zurückvisiren statt findet, wegen

Fig. 12. der Krümmung der Erde fehlerhaft seyn. Ist nämlich  $AF$  ein Bogen der kugelförmigen Erdoberfläche und  $BE$  ein mit dieser gleichlaufender Bogen in der Höhe, wo sich das Fernrohr  $B$  befindet, so visirt man mit dem horizontal gestellten Fernrohre nach  $D$ , nach der Richtung der Tangente  $BD$  und die beobachtete Höhe des Zielpunctes  $D = CD$  besteht nicht allein aus  $CF + FE = x + h$ , sondern es kommt noch  $DE =$  der Entfernung der scheinbaren Horizontallinie von der wahren Horizontallinie hinzu. Wieviel diese Entfernung beträgt, ist aus der bekannten Gröfse der Erde leicht zu berechnen. Genau beträgt dieser Abstand  $= DE = r (\text{Sec. } \varphi - 1)$ , wenn der Bogen  $BE = \varphi$  und  $r$  der Halbmesser der Erde ist; aber für so sehr kleine Bogen, wie hier immer nur vorkommen, kann man  $\text{Sec. } \varphi = 1 + \frac{1}{2} \varphi^2$  setzen, also, wenn die Entfernung  $AF = D$  und folglich  $\varphi = \frac{D}{r}$  in Theilen des Halbmessers ist,  $DE = \frac{D^2}{2r}$ .

Wenn man voraus und wieder zurück visirt, dabei aber die Höhe des Fernrohrs beide Male gleich  $= h$  nimmt, so ist die Höhe der Visirtafel im Vorausvisiren  $= H = h + x + \frac{D^2}{2r}$ , beim

Zurückvisiren  $= H' = h - x + \frac{D^2}{2r}$ , so dafs auch hier  $x = \frac{1}{2}(H - H')$  den richtigen Höhen-Unterschied giebt, statt dafs bei nur einmaliger Beobachtung  $x = H - h - \frac{D^2}{2r}$  wird,

und jene Correction wegen der Krümmung der Erde zu berücksichtigen ist.

Wenn man das Instrument allemal in der Mitte der Station oder in gleichen Entfernungen von den beiden Punkten, deren relative Höhe man bestimmen will, aufstellt und nach dem vorwärts liegenden, so wie nach dem rückwärts liegenden Punkte visirt, so fällt sowohl die Rücksicht auf die Höhe des Instruments  $= h$ , als auf die unrichtige, aber bei beiden Beobachtungen gleiche Neigung  $= i$  und auf die Krümmung der Erde weg; denn man findet für den einen Punkt  $H = h + x + D \cdot \text{Tang. } i + \frac{1}{2} \frac{D^2}{r}$ , für den andern

$$H' = h + x' + D \cdot \text{Tang. } i + \frac{1}{2} \frac{D^2}{r}, \text{ und } H - H' \text{ ist } = x - x',$$

das letztere aber ist der Höhen-Unterschied der beiden zu bestimmenden Punkte, da man hier nicht zu wissen verlangt, wie hoch diese Punkte gegen den Standpunkt des Instruments liegen, also  $x$  und  $x'$  nicht jede einzeln bekannt zu seyn brauchen.

Bei dem Nivelliren aus der Mitte der Station kann man auch die Rücksicht auf die Strahlenbrechung eher aus den Augen lassen, als bei der Beobachtung, die von dem einen der zu bestimmenden Punkte zu dem andern als Zielpunkt hin geht. Es ist bekannt, daß der Lichtstrahl, sobald er aus höheren Luftschichten in tiefere oder aus wärmern in kältere übergeht, eine Krümmung erleidet, und daß daher die Visirlinie in den seltensten Fällen als eine gerade Linie anzusehen ist. Wie bedeutend diese Krümmung des Lichtstrahls selbst bei nahen Gegenständen werden kann, davon geben meine Beobachtungen<sup>1</sup> viele Beispiele, indem, um nur eins anzuführen, die scheinbare Höhe eines nicht mehr als 4100 Fufs entfernten Gegenstandes zuweilen Abends um volle 2 Minuten größer als bei starker Sonnenhitze erschien, also der Gegenstand das eine Mal um 24 Fufs höher als das andere Mal gesehen wurde. Pfl egt man gleich nicht auf so weite Abstände hinaus zu nivelliren, so erhellt doch, daß bei irgend bedeutenden Entfernungen die Richtung wohl um ganze Zolle fehlerhaft gefunden werden könnte<sup>2</sup>. Ganz

1 BRANDES Beobacht. über die Strahlenbrechung. Oldenb. 1807.

2 VON MITIS hat dieses durch eigene Erfahrung eben so gefunden. 8. 11. der erwähnten Schrift.

ist man gegen die hieraus entspringenden Fehler auch nicht gesichert, wenn man aus der Mitte beider Stationen nivellirt, in-  
 dafs kann man da doch, wenn die Umstände zwischen dem  
 Standpuncte des Fernrohrs und beiden Endpuncten der Visirlin-  
 nien ziemlich gleich sind, auf nahe Gleichheit der Strahlenbre-  
 chung rechnen, und in diesem Falle ist die Rücksicht darauf  
 bei der Bestimmung der relativen Höhe beider Endpuncte der  
 Visirlinien unnöthig. Ginge aber die eine Visirlinie viel näher  
 über einen etwas höheren Boden weg, als die andere, so könn-  
 ten selbst bei gleichen Abständen ungleiche Refractionen statt  
 finden, und nur ein doppeltes Beobachten, ein Vorwärts- und  
 Rückwärtsnivelliren könnte gegen daraus entspringende Fehler  
 sichern; beide Operationen müßten aber sogleich nach einander  
 vollendet werden. Da bedeutende Fehler nur in den sehr hei-  
 ßen Tagesstunden und um die Zeit des Sonnen-Untergangs  
 oder in den ersten Frühstunden vorkommen, so wird man sich  
 gegen diese Fehler meistens sicher stellen können. Eine Cor-  
 rection ihrerwegen nach allgemeinen, bloß von der Entfer-  
 nung abhängenden Regeln anbringen zu wollen ist unstatthaft,  
 da diese Correction im einzelnen Falle den Fehler sogar ver-  
 mehrten kann.

Die näheren Anleitungen für den Praktiker über die Füh-  
 rung der Journale beim Nivelliren, über die sogleich während  
 der Operationen selbst als Controllirung zu vergleichenden Zah-  
 len, über die tabellarische Darstellung der Endresultate, über  
 die aus dem Nivelliren abgeleiteten Profilzeichnungen, über ein-  
 zelne Fragen, die bei bestimmten Anwendungen vorkommen,  
 glaube ich hier übergehen zu müssen, indem darüber in eigen-  
 en Werken umständliche Belehrung gesucht werden muß. Zu  
 solchen Belehrungen scheint mir, wenn gleich die Anleitung  
 zur Verfertigung der Tabellen vielleicht in etwas allzu große  
 Weitläufigkeit führt, doch recht empfehlenswerth: Das Nivel-  
 lement mit einem neu erfundenen Instrumente von F. v. MITIS.  
 (Wien, Beck. 1831.) Aber auch die Lehrbücher der Feld-  
 messkunst geben Anleitung zu diesem Geschäfte. *PUISSANT*  
*traité de Topographie, d'Arpentage et du Nivellement* (Paris  
 1807.) zeichnet sich durch theoretische Gründlichkeit aus und  
 macht doch auch auf das, was in der Ausübung vorkommt, ge-  
 hörig aufmerksam. *JOH. TOB. MAYER's* gründlicher und aus-  
 führlicher Unterricht zur praktischen Geometrie (Th. III. Cap. 33.)



ist noch immer ein lehrreiches Buch. *NATTO's* Handbuch der gesamten Vermessungskunde, die neuesten Erfindungen und Entdeckungen enthaltend, (Berlin, Amelang. Th. II. Abschn. 14.) trägt diese Lehren gleichfalls gut vor, und ebenso, wenn gleich nicht so vollständig, *WÜLFER's* gründliche und vollständige Anleitung zur prakt. Forst- und Feldmefskunde. (Leipzig, Kaysers und Schumann.) Unter den älteren Schriften, die den Gegenstand einzeln abhandeln, verdienen folgende genannt zu werden. *PICARD's* Abhandlung vom Wasserwägen, mit Beiträgen von *LAMBERT*. (Berlin 1770.) *HOGREVE's* praktische Anweisung zum Nivelliren. (Hannover, Helwing. Buchh. 1800.) *G. C. MÜLLER's* prakt. Abh. vom Nivelliren oder Wasserwägen, mit besonderer Rücksicht auf das zweckmässigste Verfahren, um die Resultate untrüglich zu machen, mit einer Anleitung zu Verfertigung der Moorprofile. (Göttingen, Ruprecht 1799.) *GILLY's* prakt. Anleitung zu Anwendung des Nivellirens in den bei der Landescultur vorkommenden Fällen. (Berlin, Real-schulbuchh. 1801.)

Da wo große Höhen-Unterschiede vorkommen oder wo man das Profil eines ganzen Gebirges zeichnen will und in ähnlichen Fällen bedient man sich des barometrischen Nivelllements, indem man die Höhen der einzelnen Punkte mit dem Barometer bestimmt.

B.

## N o n i u s.

*Vernier; Nonius; le vernier; the Vernier;* ist der Name einer an Instrumenten zum Behufe genauer Bestimmung kleiner Theile angebrachten doppelten Theilung, wovon die eine, verschiebbar neben der Hauptscale, die für jeden Fall nöthige Stellung erhalten kann. Eigentlich heist dieser bewegliche Theil selbst der Nonius oder Vernier.

Es sey *AB* die Hauptscale, z. B. die Linientheilung am *Fig.*  
Barometer, an welcher man, da sie nur ganze Linien angiebt, <sup>13.</sup>  
noch Zehntel der Linie abzulesen wünscht. Zu diesem Zwecke trägt man auf den Nonius *CD* eine Größe = 9 Linien auf und theilt diese in 10 Theile, deren also jeder  $\frac{9}{10}$  Lin. beträgt, und erhält nun, der Index oder Nullpunkt des Nonius stehe wo er wolle neben der Hauptscale, diese Stellung in ganzen Linien und in Zehnteln derselben angegeben. Es ist nämlich einleuch-

tend, wenn der vierte Theilstrich des Nonius genau mit einem Theilstriche der Hauptscale zusammentrifft, daß dann den dritte Theilstrich des Nonius um  $\frac{1}{10}$  Linie, der zweite Theilstrich des Nonius um  $\frac{2}{10}$ , der erste Theilstrich um  $\frac{3}{10}$ , der Nulltheilstrich oder Index um  $\frac{4}{10}$  Linien vom nächsten Theilstriche der Hauptscale entfernt ist. Hat man also den Index des Nonius, einer Beobachtung entsprechend, oder überhaupt um die Lage eines gewissen Punctes zu bestimmen, so gestellt, daß er diesen Punct anzeigt, so weiß man, daß im vorigen Falle dieser Punct um  $\frac{4}{10}$  Linien höher, als der letzte Linienstrich angab, liegt.

Dieses Beispiel läßt leicht das, was für alle Fälle gilt, übersehen. Will man die Theile der Hauptscale in  $m$  Theile zerlegen, so trägt man auf dem beweglichen Stücke ( $m - 1$ ) jener Theile der Hauptscale auf und theilt sie in  $m$  Theile, dann ergiebt das Zusammentreffen des  $n$ ten Theilstrichs am Nonius mit einem

Theilstriche der Hauptscale, daß der Index auf  $\frac{n}{m}$  der Theile der Hauptscale steht. Die Theilung von  $m + 1$  Theilen in  $m$

Theile ließe sich eben so gebrauchen, da aber dann die  $\frac{n}{m}$  subtractiv werden, so zieht man die andere vor. Diese sehr bequeme Art, um feinere Theile abzulesen, ist eben so anwendbar bei Kreisbögen, als bei geraden Linien, wenn nämlich das bewegliche Stück sich im einen Falle an den Kreisbogen, so wie im andern Falle an die gerade Linie anschließt.

Der Nonius wird bei der Bestimmung der genauen Barometerhöhe so gestellt, daß sein Nullpunct oder Index genau mit der Oberfläche des Quecksilbers zusammentrifft.

Bei Winkel-Instrumenten ist er mit dem Fernrohre so verbunden, daß sein Index eben die Richtung anzeigt, in welcher sich der im Mittelpuncte des Fernrohrs erscheinende Gegenstand befindet. Und so verhält es sich in allen ähnlichen Fällen. Beim Gebrauche des Instruments muß man bestimmen, ob dieses Zusammentreffen des Index mit dem Puncte, welchem er entsprechen soll, streng genau ist, und im entgegengesetzten Falle die Abweichung in Rechnung bringen.

Bei der Wahrnehmung, welcher Theilstrich des Nonius genau auf einen Theilstrich der Scale trifft, muß man die Parallaxe des Auges vermeiden. Da nämlich die bewegliche Theilung gewöhnlich sich auf einer Platte befindet, die auf derjeni-

gen Platte fortgeschoben wird, in welche die Theilstriche der Hauptscale eingeschnitten sind, so würde bei veränderter Stellung des Auges der dem Auge näher liegende Theilstrich des Nonius vor dem entfernteren der Hauptscale hin und her zu rücken scheinen. Indefs wenn, wie es sich gehört, beide Scalen genau an einander anliegen, so ist diese Parallaxe nicht schwer zu vermeiden.

Wenn man den Nonius durch ein Mikroskop beobachtet, so ist es, bei vollkommen genauer Gleichheit der Eintheilungen, noch möglich, kleinere Theile anzugeben, als sich am Nonius ablesen lassen. Fände man z. B. den vierten Theilstrich noch nicht vollkommen auf einen Theilstrich der Scale treffend, den fünften aber um doppelt so viel nach der andern Seite bei dem Theilstriche der Scale vorbei gehend, so würde man zu den 4 Theilen, die das bloße Auge (weil der vierte Strich beinahe zusammen trifft) abgelesen hätte, noch ein Drittel eines solchen Theiles zulegen. Der Nonius wird mit einer sehr feine Aenderungen gestattenden Schraube in die Stellung, welche die Beobachtung erfordert, gebracht. Ist diese Schraube genau genug, so kann sie zugleich als Mikrometerschraube dienen, indem man durch sie den der Beobachtung gemäß gestellten Nonius zum ganz genauen Zusammentreffen der nächsten Theilstriche fortführt und aus den Angaben am Kreise der Mikrometerschraube ersieht, wie viele Theile einer Schrauben-Umdrehung, dadurch aber auch, wie viele Theile eines Noniustheiles man zu dem, was das genaue Zusammentreffen ergeben hätte, legen muß.

Wenn am ganzen Kreise die Bögen vom Nullpuncte aus, z. B. Zenithdistanzen, nach beiden Seiten gezählt werden, so ist es gut, auf demselben verschiebbaren Stücke einen doppelten Nonius anzubringen, nämlich so, daß der Index in der Mitte liegend eben die Theilung noch einmal nach der entgegengesetzten Richtung darbietet. Man liest dann auf demjenigen der beiden Nonien ab, welcher den wachsenden Graden zugehört. An Kreis-Instrumenten sind oft mehrere Nonien in unveränderlichen Abständen angebracht, die dazu dienen, die kleinen Fehler in der Randtheilung des Instruments, welche aus ungleicher Temperatur oder ursprünglichen Theilungsfehlern oder aus der Excentricität entspringen, zu zeigen. Wenn man den Zwischenraum zwischen den Nullpuncten dieser No-

nien bei verschiedenen Stellungen auf der Gradtheilung untersucht, so lernt man die Theilungsfehler des Instruments kennen, sofern z. B. die 90 Grade von 0 bis 90° nicht genau mit denen von 30 bis 120 übereinstimmen. Fehler in den einzelnen Theilen, in den Zwischenräumen zwischen zwei nächsten Theilstrichen, verräth der Nonius, wenn die Abstände des ersten, zweiten, dritten Theilstriches von den zugehörigen des Nonius nicht mit strenger Regelmäßigkeit wachsen.

Was die Erfindung dieser mit so allgemeinem Beifalle aufgenommenen Theilungsmethode betrifft, so bemerkt KÄSTNER, welcher über diesen Gegenstand mehreres gesammelt hat, daß man mit mehr Recht den Namen Vernier oder Werner, als Nonius wählen würde<sup>1</sup>; NUNNEZ nämlich, ein Portugiese, dessen Name im Lateinischen Nonius ist, hat sich allerdings schon 1542 das Verdienst erworben, Mittel zu genaueren Winkel-Abmessungen zu geben, (wobei er bemerkt, schon PROLYMAKUS möge wohl ähnliche Mittel angewandt haben,) aber diese Mittel sind nicht unserm jetzigen Nonius gleich. NUNNEZ nämlich brachte auf dem Rande des Quadranten eine ganze Folge von concentrischen Kreisen an, die er in 90 Theile, 89 Theile, 88 Theile und so fort bis 46 Theile eintheilte; es ist einleuchtend, daß das genaue Eintreffen der Alhidade auf einen Theilstrich irgend eines dieser getheilten Quadranten, bei vorausgesetzter Genauigkeit aller Theilungen, sogleich den Winkel in Theilen des Grades anzugeben gestattet. Dieses ist also freilich nicht unser Nonius; aber KÄSTNER führt aus TYCHO's Erzählung an, daß CURTIUS sogleich innerhalb des in 90 Grade getheilten Kreises einen zweiten so getheilt habe, daß 60 Theile dieses Kreises 61 Grade ausmachten; auf dem dritten Kreise wurden 62 Grade in 60 Theile eingetheilt. Hier ist also das Mittel, um einzelne Minuten auf dem zweiten Kreise zu erkennen, schon angegeben, obgleich die Anwendung noch nicht die passendste ist. Als beweglichen Theil neben der Scale hat aber VERNIER (PETRUS VERNERIUS, was KÄSTNER, da VERNIER in der damals noch nicht französischen Franche-Comté lebte, auf den deutschen Namen WERNER glaubte zurückführen zu dürfen) den Nonius oder Vernier zuerst eingeführt. B.

<sup>1</sup> KÄSTNER's astron. Abhandlungen, zweite Samml. S. 142. 161., woraus ich diese historischen Notizen entlehne. Die zahlreichen ältern Schriften, die diesen Gegenstand betreffen, sind dort angeführt.

## N o r d l i c h t.

Nordschein, Polarlicht; *Aurora borealis*, *aurora septentrionalis*, *lumen boreale*, *lucula borealis*, *lux borea*; *Aurore boréale*, *lumière boréale*; *Aurora borealis*, *Northern light*, *Northern streamers*.

Der merkwürdige Lichtschein, die eigenthümliche Lichtentbindung in der Atmosphäre auf der nördlichen Halbkugel, die mit dem Namen Nordlicht belegt wird, weil die Bewohner der gemäßigten Zone sie in der Regel nach Norden hin wahrnehmen, ist so oft beobachtet worden, hat das allgemeine Interesse so vielfach erregt und daher so zahlreiche Versuche zur Erklärung veranlaßt, daß es schwer hält, aus der großen Masse von Thatfachen das Wichtigste herauszunehmen und zur klaren Uebersicht zusammenzustellen. Um diesen Zweck so gut wie möglich zu erreichen, werde ich zuerst die Erscheinung im Allgemeinen beschreiben, dann die beobachteten Einzelheiten näher in Betrachtung ziehen und zuletzt die Erklärungsversuche folgen lassen, ohne jedoch in einem von diesen Theilen nach absoluter Vollständigkeit zu streben, indem es namentlich ganz nothwendig ist, aus der übergroßen Menge der vorzüglichern Beobachtungen nur die wichtigsten hervorzuheben<sup>1</sup>.

## A. Beschaffenheit des Nordlichts im Allgemeinen.

Das Nordlicht besteht nach dem einstimmigen Zeugnisse aller Beobachter aus einem mehr oder minder hellen Lichtscheine am nördlichen Theile des Himmels, welcher sich von der Abenddämmerung im Winter durch seinen Ort, im Sommer aber zugleich durch die Stärke des Lichtes, seine Weiße und eigenthümliche Strahlung, ein eigenes Flackern und Zucken, in den meisten Fällen überhaupt durch den ihm zugehörigen Lichtbogen unterscheidet. Die Nordlichter erscheinen meistens nur im Winter, und auch dann bald häufiger, bald seltener, ohne daß sich bis jetzt ein regelmäßiger Wechsel nachweisen ließe, ent-

<sup>1</sup> Ueber die Eigenthümlichkeiten des sehr ähnlichen südlichen Polarlichtes s. *Südlicht*.

zünden sich in der Regel bald nach dem Untergange der Sonne, dauern gegen eine bis mehrere Stunden und wiederholen sich in seltenen Fällen in der nämlichen Nacht oder mehrere Tage nach einander. Man darf annehmen, daß sie ungefähr unter dem 45sten Breitengrade sich zu zeigen anfangen, von hier an so weit, als die Erde von Menschen bewohnt ist, mit zunehmender Polhöhe zahlreicher werden und einige Grade unterhalb des Polarkreises, oder an manchen Orten selbst bis an diese Grenze, sich in der Regel jede Nacht entzünden, wenn nicht die kurze Dauer und starke Dämmerung der letzteren sie selbst hindert oder ihre Beobachtung unmöglich macht. Nicht ganz in dem nämlichen Verhältnisse wächst ihre Helligkeit, indem vielmehr die vorzüglich glänzenden sich bis zu niederen Breiten hin erstrecken. Manche derselben werden nur an einem Orte oder einigen wenigen nahe liegenden Orten gesehen, vermuthlich mindestens häufig deswegen, weil trübes Wetter ihre Beobachtung hindert, in einigen Fällen zeigen sie sich jedoch gleichzeitig in einem Zonentheile von etwa 10 Graden der Breite und 100 Graden der Länge, welche prachtvolle Erscheinungen jedoch auf alle Fälle unter die Seltenheiten gehören.

Es giebt eine außerordentliche Menge von Beschreibungen dieser Meteore. Unter den älteren, z. B. von GASSENDI, OLAV RÖMER, SEIDEL, KINCH, MORTON <sup>1</sup>, POLENUS <sup>2</sup>, F. C. MAIER <sup>3</sup>, CALM <sup>4</sup>, J. C. WILKE <sup>5</sup> und andern, ist die von MAYRA eine der vollständigsten und genauesten, welche er hauptsächlich aus seiner Beobachtung des großen am 19. Oct. 1726 gesehenen entlehnte. Hiernach bemerkt man zuerst im eigentlichen Norden, dicht über dem Horizonte, eine dunkle, nebelartige Wolke und neben derselben westlich einen etwas hellen Schein. Der dunkle Nebel nimmt allmählig die Gestalt eines Kreissegmentes an, dessen Sehne ein Theil des nördlichen Horizontes ist, während sich der Lichtbogen nach und nach vollständiger ausbildet, zuweilen aber entstehen auch zwei, ja drei helle Bögen, durch deren Zwischenräume man die dunkle Wolke

1 Ueber alle diese s. MUSSCHENBROEK Int. §. 2439.

2 Sopra l'Aurora boreale. Vergl. Comm. Soc. Bon. I. 235.

3 Comm. Soc. Pet. T. I. p. 351. Anni 1726.

4 Schwed. Abh. s. v. O.

5 Tal om nyaste Förklaringar öfver Norrskenet. Stockh. 1778.

wahrnimmt. Aus einem von diesen Lichtbögen, in der Regel aus dem obersten, zuweilen auch aus einer lichten Stelle im dunkeln Segmente, steigen Lichtstreifen von verschiedenen Farben empor, welche abwechselnd entstehen und verschwinden, ihren Ort bald langsam, bald schnell ändern, so daß die Lichtmasse meistens in einer steten Bewegung zu seyn scheint, welche vorzugsweise um so mehr bemerklich ist, je schneller die Hellung zunimmt, wobei nicht nur in dem dunkeln Segmente und im Bogen die helleren Stellen häufig wechseln, sondern auch Strahlen zu beträchtlicher Höhe emporschiefsen und zuweilen der ganze Himmel mit einem flockigen, zitternden Lichte erfüllt scheint.

Wenn das Nordlicht am hellsten strahlt, so sieht man bei den größeren zuweilen am Zenith eine Art von *Krone*, die aus der Vereinigung der von allen Seiten daselbst zusammenstossenden Strahlen entsteht und gleichsam die Laterne einer Kuppel oder den Knopf eines Zeltes vorstellt. Die Farben des Nordlichtes, welche hauptsächlich aus blendendem Weiß im Bogen und in dessen Nähe, aus Gelb und vorzüglich aus Roth von der verschiedensten Tiefe und von sehr ungleichem Glanze bestehen, sind in diesem Augenblicke am lebhaftesten, das Phänomen beginnt dann abzunehmen, jedoch geschieht dieses selten plötzlich, meistens erfolgen noch mehrmalige Zunahmen in ungleichen Zeiträumen, wobei sich die wesentlichsten der beschriebenen Erscheinungen erneuern, bis das Ganze allmählig erlöscht und nur noch ein weißlicher Lichtschein im Norden, mitunter eine geraume Zeit, zurückbleibt<sup>1</sup>.

Unter den älteren Beschreibungen der Nordlichter hat die von MAUFERTUIS stets einen bedeutenden Rang behauptet, weil sie die damals minder allgemein bekannten Beobachtungen im hohen Norden und obendrein gerade unter dem Polarkreise enthielt. Seine Darstellung ist indess minder physikalisch genau, als vielmehr lebendig und ausmalend. Er sagt über das, was er zu Ofwer-Torneö im Jahre 1736 wahrgenommen hat, Folgendes. „Sobald die Nächte anfangen dunkler zu werden, sieht man den Himmel durch Feuer von tausend Gestalten und Farben erleuchtet; sie scheinen die des beständigen Tages ge-

<sup>1</sup> DE MAIRAN *Traité de l'aurore boréale*. Paris 1733. 2me éd. Paris 1754. 4.

wohnte Erde für die Abwesenheit der Sonne, die sich von ihr wendet, entschädigen zu wollen. Diese Feuer schränken sich dort nicht, wie in unsern südlichen Ländern, auf eine bestimmte Himmelsgegend ein. Zwar sieht man oft gegen Norden einen unbeweglichen hellen Bogen, mehrentheils aber scheint das Licht den ganzen Himmel ohne Unterschied einzunehmen. Es fängt zuweilen mit einer Bande von hellem und beweglichem Lichte an, die ihre Enden am Horizonte hat und sich plötzlich über den ganzen Himmel ausbreitet, als ob nach einer auf den Mittagskreis senkrechten Richtung ein Fischernetz über ihn gezogen würde. Meistentheils vereinigen sich nach diesem Vorspiele alle Lichtmassen gegen das Zenith, wo sie gleichsam die Spitze einer Krone bilden. Oft sieht man gegen Mittag Bögen, wie wir sie in Frankreich gegen Mitternacht sehen, oft erscheinen sie gegen Norden und Süden zugleich, und ihre Gipfel nähern sich einander, indem die Enden sich entfernen und gegen den Horizont herabsteigen. Ich sah solche entgegengesetzte Bögen, deren höchste Stellen sich fast im Zenith berührten; oft zeigen sich auch von beiden Seiten mehrere concentrische Bögen. Alle diese Bögen haben ihre Gipfel im Mittagskreise, jedoch mit einer westlichen Abweichung, welche nicht immer gleich groß und bisweilen unmerklich ist. Manche Bögen, deren Enden anfänglich gegen den Horizont zu am weitesten aus einander standen, ziehen sich bei ihrer Annäherung zusammen und bilden große Ellipsen, von denen man die größere Hälfte über dem Horizonte sieht. Man würde kein Ende finden, wenn man alle Gestalten und Bewegungen dieses Lichtes beschreiben wollte.“ Insbesondere erwähnt v. MAUREPONT ein sehr vollständiges Nordlicht vom 18. Dec. 1736, welches sich gegen Süden als so heller und rother Schein zeigte, daß das ganze Sternbild des Orion in Blut getaucht schien<sup>1</sup>.

Es würde nicht bloß unnöthig vielen Raum erfordern, sondern auch ermüdend werden, wenn ich auch nur die Mehrzahl der genauen Beschreibungen ausgezeichneten Nordlichter aufnehmen wollte, insbesondere da sie sich in den wesentlichsten Stücken sämmtlich wiederholen<sup>2</sup>. Inzwischen scheint es

1 La figure de la terre cet. par M. DE MAUREPONT. Amst. 1738. 8. p. 68. Oeuv. de MAUREPONT. Lyon 1768. 8. T. III. p. 155.

2 Eine sehr vollständige Beschreibung der meisten merkwürdi-



nur der Vollständigkeit wegen und zur richtigern Beurtheilung dieser Phänomene nothwendig, einige hauptsächlich durch die örtlichen Verhältnisse ausgezeichnete ausführliche Beschreibungen mitzutheilen.

Capitain PARRY<sup>1</sup> und seine Reisegefährten beobachteten während ihres Winteraufenthalts auf der Insel Melville das Nordlicht sehr häufig, und im Allgemeinen stets in süd-südwestlicher Richtung. Ob dasselbe auch während der Reise gesehen und beachtet wurde, finde ich nicht bestimmt erwähnt, im Hafen aber, woselbst sie am 26. Sept. ankamen, wird die Erscheinung eines schwachen, in Südwest nahe am Horizonte stehenden Lichtes vom 13. Oct. zuerst angegeben. Unter den vielen nachher geschehen, deren mehrere um 6 Uhr Abends anfangen, werden die vom 19. Dec. wiederholt an diesem Tage meistens von S. nach W. N. W. nicht sehr hell erscheinenden, das vom 20. Dec. in N. W. nördlicher als gewöhnlich sich zeigende und das vollständig und mit Hinzufügung allgemeiner Bemerkungen über diese Meteore überhaupt beschriebene vom 15. Januar vorzüglich ausgezeichnet, wesswegen ich diese Beschreibung des Capt. SABINE wörtlich mittheile. „Herr EDWARDS sah dasselbe zuerst als einen vollkommenen Bogen, dessen Schenkel fast nördlich und südlich standen. Als ich aufs Eis ging, war der Bogen gebrochen; gegen den südlichen Horizont war das gewöhnliche Nordlicht, wie wir es kürzlich in klaren Nächten gesehen hatten, nämlich ein blasses Licht, welches hinter einer dunkeln Wolke in einer Höhe von 6 bis 12 Graden herzukommen schien, sich mehr oder weniger in verschiedenen Nächten und zu verschiedenen Zeiten derselben Nacht gegen Osten und Westen ausdehnte, ohne bestimmten Mittel- und Halbirungspunct war, indem der größere Theil und zuweilen der ganze Lichtschein sich bald auf der Ostseite, bald auf der Westseite des Südpunctes zeigte, selten aber am nördlichen Horizonte stand oder über den Ost- und Westpunct des Himmels hinausging. Dieses stimmt mit dem Nord-

---

gen Eigenthümlichkeiten dieser Meteore nach zahlreichen eigenen Beobachtungen in Aberdeenshire unter 57° 12' N. B. giebt FARQUHARSON in Edinb. Journ. of Sc. XVI. 303.

1 Zweite Reise zur Entdeckung einer nordwestlichen Durchfahrt aus dem atlantischen in das stille Meer u. s. w. von W. E. PARRY u. s. w. Hamb. 1822. 8. von S. 196 bis 515.

lichte, welches man am gewöhnlichsten in England wahrnimmt, überein, nur daß es dort dem nördlichen Horizonte so eigen ist, wie hier dem südlichen, und zuweilen in Lichtstrahlen und Funken aufschiefst. Es war bei dieser Gelegenheit durch keinen außerordentlichen Glanz oder ungewöhnliche Ausdehnung ausgezeichnet, indem der prächtige Theil der Erscheinung abgesondert und, wie es schien, ganz besonders war. Der Lichtbogen hatte sich in unregelmäßigen Massen gebrochen, die mit vieler Schnelligkeit nach verschiedenen Richtungen strömten; immerwährend an Gestalt und Stärke abwechselten und sich von Norden durch Osten nach Süden erstreckten. Wenn man annimmt, daß die Oberfläche des Himmels durch eine durch den Meridian gehende Ebene getheilt ist, so war das Nordlicht während der Zeit, daß ich es sah, auf die Ostseite der Ebene beschränkt und gewöhnlich am lebhaftesten und in größeren Massen in O. S. O. PARRY und ich machten einander aufmerksam, daß da, wo das Nordlicht sehr glänzte, die hindurch gesehenen Sterne etwas trübe waren, obgleich dieses früheren Erfahrungen widerspricht.<sup>4</sup>

PARRY fährt dann in der Beschreibung fort und sagt: „Die Vertheilung des Lichtes ist als unregelmäßig und beständig wechselnd beschrieben worden; die verschiedenen Massen schienen sich jedoch in zwei Bögen ordnen zu wollen, wovon der eine nahe am Zenith und der andere ungefähr in der Mitte zwischen diesem und dem Horizonte hinlief, beide im Allgemeinen eine nördliche und südliche Richtung hatten, aber sich gegen einander krümmten, so daß ihre Schenkel verlängert eine Ellipse gebildet haben würden. Diese Bögen zertheilten sich eben so schnell, als sie entstanden waren. Einmal war ein Theil des Bogens nahe am Zenith in Windungen gebogen, denen einer sich bewegenden Schlange gleich, und diese waren in schneller, wellenförmiger Bewegung, eine Form, die wir zuvor noch nicht wahrgenommen hatten<sup>1</sup>. Das Ende gegen Norden war auch wie ein Schäferstab gebogen, welches nicht ungewöhnlich ist. Das von einem Nordlichte entstehende Licht läßt sich schwer mit dem des Mondes vergleichen, weil die

---

1 Ohne Zweifel die sogenannte Krone, vermuthlich etwas unvollständig. PARRY und SABINE scheinen diesen Theil des Phänomens weder aus eigener Ansicht, noch auch aus Beschreibungen gekannt zu haben.

Schatten wegen der allgemeinen Verbreitung des ersteren sehr schwach und undeutlich werden, aber die Wirkung des eben beschriebenen ist meiner Meinung nach kaum der des Mondes in der ersten Quadratur gleich; das gewöhnliche blasse Licht des Nordscheines gleicht sehr dem beim Verbrennen des Phosphors entbundenen. Eine sehr schwache rothe Farbe ward bei dieser Gelegenheit bemerkt, als das Nordlicht am stärksten war, andere Farben waren jedoch nicht vorhanden. Nach dem Verschwinden des glänzenden Theiles des Nordlichtes, welches nahe bei uns zu seyn schien, blieb nur noch das gewöhnliche Licht am Horizonte. „.....

Unter den vielen später beobachteten werden das vom 10. Febr. im Süden und Südwesten und das vom 19ten desselben Monats mit glänzenden Blitzen, die vorzüglich von S. b. W. über das Zenith nach N. N. O., übrigens aber an jedem Theile des Himmels hinschossen, als die größeren erwähnt. Sie wurden insgesamt in  $74^{\circ} 47'$  N. B.,  $110^{\circ} 48'$  W. L. und bei einer Abweichung der Magnetenadel, welche mehr als  $125^{\circ}$  östlich betrug, beobachtet. Auf der Rückfahrt wird eins erwähnt, welches am 12. Sept. des folgenden Jahres 1820 um 10 Uhr Abends unter  $68^{\circ} 15'$  N. B. und  $65^{\circ} 49'$  Länge über eine halbe Stunde auf ungefähr 12 Strichen von S. O. b. O. bis W. b. N. sichtbar war, während der magnetische Nordpol ungefähr N.  $76^{\circ}$  W. zeigte. Dieses unterschied sich von den bei Melville gesehenen durch die größere Geschwindigkeit, womit es sich verbreitete und von einem Theile des Himmels zum andern überging, durch die Tiefe und Lebhaftigkeit seiner Farben, sowohl der rothen als auch der grünen, womit seine Blitze gefärbt waren, und durch die Ströme, die unerwartet sowohl nach oben als auch nach unten hervorbrachen. Der letztere Unterschied war der gewöhnlichen Erscheinung von Strahlen, die gegen das Zenith aus einem Bogen von schwach glänzendem Lichte strömten, entgegengesetzt. Ein ähnliches wurde auch 1818 im atlantischen Meere beobachtet, und seine genannten Eigenthümlichkeiten waren im Anfange auffallender, als gegen das Ende. Nachdem die Schiffe bereits aus dem Polareise unter  $65^{\circ} 40'$  N. B. und  $59^{\circ}$  L. gekommen waren, zeigte sich vom Anfange des Monats October 1820 an auf der Fahrt durch den atlantischen Ocean das Nordlicht fast täglich, erhellte die Nächte selbst bei wolkeigem Himmel nach Art des Mondes, wenn dessen Scheibe nicht sicht-

bar ist, bei klarer Luft aber gleich sein Licht dem dieses Himmelskörpers, wenn er hinter Wolken steht. Nur zwei der beobachteten werden jedoch besonders ausgezeichnet, nämlich das vom 2. Oct. nach 10 Uhr Abends, welches ohne bestimmte Gestalt und Bogen an allen Theilen des Himmels, am meisten aber im Süden sich zeigte, und das vom 3. Oct., welches mehr als gewöhnlich glänzte und daher ausführlich beschrieben wird. Um 9 Uhr Abends erschienen an verschiedenen Theilen des Himmels von O. N. O. durch Süden bis W. b. N. unregelmäßig zerstreute, wolkenähnliche, erhellte Flocken, welche oft, aber nicht schnell, ihre Stelle wechselten. Bald nachher zeigte sich von W. b. N. bis nach S. S. O. einige Grade südlich vom Zenith ein breiter Streifen Licht, der ein Bestreben hatte, sich bogenförmig zu bilden, indem das Licht desselben von W. nach O. zu gehen schien. In O. N. O. zeigte sich zugleich in  $45^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$  Höhe eine von der übrigen verschiedene Erscheinung, die vollkommen dem Lichte des Mondes hinter einer dunkeln Wolke gleich, aus welcher jedoch zuweilen lebhaftes Blitze gegen das Zenith schossen. Ein Viertel nach 10 Uhr wurde das Ganze plötzlich viel glänzender, indem vorzugswelse die bogenförmige Gestalt südlich vom Zenith sich eine Viertelstunde lang mit einem schönen, wellenförmigen, unbeschreiblich schnellen und prächtigen Lichte erhielt. Die Bewegungen dieses Lichtes erinnerten an die einer Schlange, jedoch war die Schnelligkeit oft so groß, daß das Auge nur mit Mühe folgen konnte. Der stärkste Theil war blaugrünlich, das Uebrige weiß. Der helle Fleck in O. N. O. wurde auch zugleich viel heller, schoß lebhaftes Blitze, blieb aber ganz abgesondert von dem übrigen Theile des Phänomens. Dieses Nordlicht gab, als es am hellsten war, fast so viel Licht als der Vollmond, machte unbezweifelt die Sterne, über die es wegging, matter und verdunkelte sie zuweilen ganz. Es wird ferner einestheils erwähnt, daß man nur die Sterne erster und zweiter Größe durch das Nordlicht gesehen habe, anderntheils aber, daß im dicksten Theile desselben die vier kleinen Sterne, welche ein verschobenes Viereck im Delphin bilden, sichtbar waren. Dem Anscheine nach war es dem Beobachter sehr nahe, aber erwiesen entfernter als einige sich darunter bewegende Wolken, welche das Licht auffingen. Gegen 11 Uhr wurde das Licht minder glänzend, dehnte sich mehr nach Norden aus und verschwand allmählig vor Mitter-

sacht. Am 11. Oct. endlich wird der Ort des Schiffes zu  $61^{\circ} 11' \text{ N. B.}$  und  $31^{\circ} 12' \text{ W. L.}$  von Greenwich angegeben und zum letzten Male das Nordlicht vom 13. desselben Monats erwähnt. Dieses fing um 7 Uhr Abends als ein glänzend heller Fleck in N. O. an und glich an Helligkeit dem Lichte des Vollmonds hinter einer dunkeln Wolke. Von diesem Punkte aus schossen schwache und schmale Blitze in die Höhe, indem sie etwas nordwestlich vom Zenith vorbeigingen und in W. b. S. herunterzukommen schienen. Der blaue Himmel zwischen den Lichtströmen sah anfangs dunkeln Streifen oder Wolken gleich, bis sich das Auge daran gewöhnt hatte und die Helligkeit der Sterne die Täuschung aufklärte. Eine halbe Stunde später zog sich ein heller Bogen, im Mittelpunkte  $34^{\circ}$  hoch und ungefähr  $2^{\circ}$  breit, von dem hellen Fleck in N. O. nach W. S. W. herüber, so daß der magnetische Meridian ihn fast halbirte. Dieser Theil des Phänomens erhielt sich ungefähr eine Stunde und wurde dann matt, das Nordlicht schien aber, wie gewöhnlich, den übrigen Theil der Nacht hindurch mit bedeutendem Lichte.

Die hier mitgetheilten Beobachtungen sind ohne irgend eine vorgefasste Meinung und völlig unbefangen angestellt und daher wegen vielfacher daraus abzuleitender Folgerungen wichtig genug, um sie vollständig aufzunehmen. An dieselben schlossen sich am schicklichsten diejenigen an, welche von dem nämlichen Beobachter auf seiner dritten Reise in den nördlichen Polarmeeren angestellt wurden<sup>1</sup>.

In Port Bowen unter  $73^{\circ} 13' 39'' \text{ N. B.}$  und  $88^{\circ} 54' 48'' \text{ W. L.}$  von Greenwich, wo die magnetische Deklination  $123^{\circ} 21' 55'' \text{ W.}$  ist, hinderten einige Berge im Süden den Capt. PARRY und seine Begleiter, die schwächeren Nordscheine gehörig zu beobachten, indess wird bemerkt, daß die sämmtlichen vom Oct. 1824 bis März 1825 gesehenen 47 im Allgemeinen den nämlichen Charakter hatten und an derselben Stelle des Himmels sich zeigten. Ausgezeichnet wird die Erscheinung desselben am 21. Dec., wo es mehrere Stunden der Nacht sich als wechselnder Lichtschein am südlichen Himmel fand. Am folgenden Morgen um 7 Uhr wurde es glänzender und anhal-

---

1 Journal of a third Voyage for the discovery of a North-West Passage etc. under the ordres of Capt. W. E. PARRY. London 1826. 4. p. 170. ff.

tender, indem es einen von O. S. O. nach W. N. W. durch das Zenith gehenden vollständigen Bogen bildete. Auf beiden Seiten dieses Hauptbogens liefen schwächere Bögen von den nämlichen Punkten aus, die im Zenith etwa  $20^\circ$  Abstand vom ersteren hatten. So dauerte es etwa 20 Minuten, als die Lichtschüsse von beiden Bögen sich begegneten und nach einem kurzen Leuchten allmählig verschwanden.

In der Nacht des 15. Jan. zeigte sich das Nordlicht am südlichen Horizonte und dauerte mit wechselnder Helligkeit ungefähr drei Stunden. Von 3 bis 4 Uhr aber war der ganze Horizont von S. bis W. glänzend erleuchtet, indem sich das Licht einige Grade hoch erhob. Aus dieser leuchtenden Masse schossen mehrere Lichtstrahlen aufwärts, welche nach 3 Uhr so glänzend wurden, daß sie allgemeine Aufmerksamkeit erregten, indem zwei Bögen von O. und W. aus sich nahe beim Zenith vereinigten und viele Strahlen blitzend aus diesen ausfuhren. Am 27. Jan. um Mitternacht erhob sich eine glänzende Masse gelben Lichtes in S. O. und scheinbar in geringem Abstände über der Erde, welche ihres Zusammenhängens ungeachtet aus zahlreichen, scharf begrenzten und verticalen Strahlenbüscheln zusammengesetzt schien. Die Gestalt des Meteors wechselte beständig, so als wenn mehrere Lichtnebel über einander hinzögen, aber plötzlich schien drei Beobachtern gleichzeitig ein glänzender Lichtstrahl aus der ganzen Lichtmasse zwischen ihnen und dem 3000 Schritte entfernten Lande herabzuschiefen. Auch am 23. Febr. schien ein im Süden befindliches Polarlicht sehr nahe und nur wenige Grade über der Erde erhaben zu seyn.

Auf der Rückkehr wurde das Nordlicht zuerst wieder gesehen am 15. Sept. unter  $69^\circ 30'$  N. B.,  $58^\circ 28'$  W. L. und bei  $76^\circ 47'$  westlicher Abweichung der Magnetnadel im Süden als ein glänzendes Licht, welches sich etwa  $5^\circ$  über den Horizont erhob und zwei bis drei Stunden mit wechselnder Stärke und vielem Strahlenschiefen anhielt. Am 20. bildete das Nordlicht einen glänzenden Bogen, welcher von S. O. nach N. W. durch das Zenith ging, aber unter allen auf der ganzen Reise gesehenen von der größten Schönheit war das am 24. Sept. unter  $58^\circ 30'$  N. B. und  $44^\circ 30'$  W. L. bei ungefähr  $56^\circ$  westlicher Abweichung der Magnetnadel. Es erschien zuerst im Osten als dunkel- oder schwefelgelbes Licht, ungefähr  $3^\circ$  über dem Horizonte. Nach einer Stunde, um 9 Uhr, bildete es einen durch

das Zenith nach W. übergehenden Bogen. Bald nachher schienen die Strahlen nicht mehr vom östlichen, sondern von einem westlichen Punkte etwa  $1^{\circ}$  über dem Horizonte auszugehen, nach Art eines leuchtenden Rauches sich durch das Zenith mit großer Schnelligkeit zu bewegen und nach dem ersten Punkte im Osten wieder herabzugehen. Der Himmel unter dem Lichtpunkte glich einer dicken Wolke, gleich einem Berggipfel, aus dessen Krater das Feuer zu strömen und sich über einander rollend fortzubewegen schien. Das Licht war im Ganzen gelb, doch auch orange und grünlich gefärbt, und an Stärke dem des Vollmonds nahe gleich. Am 5. Oct., als der Himmel mit Wolken bedeckt war, wurde es abwechselnd durch ein Nordlicht so hell, daß man die Personen in der ganzen Länge des Schiffes erkennen konnte.

Genauere Beschreibungen der Nordlichter und ihrer einzelnen Theile enthalten insbesondere die Berichte FRANKLIN's und seiner Begleiter auf der Reise an den Nordküsten America's, die gerade auf diese Meteore ihr Augenmerk vorzüglich richteten und deren Aussagen um so wichtiger sind, als sie sich ganz eigentümlich in der Region derselben befanden. HOOD, welcher sich in der Gegend von Bäsquian Hill unter  $53^{\circ} 5' N. B.$  und  $103^{\circ} W. L.$  aufhielt, sagt, die Nordlichter bestehen aus Strahlen (*beams*), Blitzen (*flashes*) und Bögen. Die Strahlen sind kleine, einander parallel laufende, meistens in der Richtung der Neigungsnadel nach der Erde gekehrte Lichtpinsel; die Blitze scheinen bewegliche, der Erde näher kommende und hiernach sich als größer zeigende Strahlen zu seyn, die plötzlich zum Vorschein kommen und dann wieder verschwinden. Wenn das Nordlicht sich zu zeigen beginnt, so gleicht es einem schwachleuchtenden Regenbogen, befindet sich am Horizonte und die Bewegung der Strahlen ist nicht unterscheidbar. So wie es sich dem Zenith nähert, löst es sich in Strahlen auf, welche durch eine schnelle undullrende Bewegung zu Windungen übergehen, verschwinden und wieder erscheinen ohne Zusammenziehung und Ausdehnung einer sichtbaren Materie. Hiermit sind zahlreiche Blitze an den verschiedenen Theilen

---

1 Narrative of a Journey to the Shores of the Polar Sea in the Years 1819, 20, 21 and 22 by JOHN FRANKLIN etc. London 1823. 4. p. 340. ff.

des Himmels verbunden: Dafs diese Theile bei gleichmäfsigem und geringem Abstände von der Erde dem im Horizonte befindlichen Beobachter als ein Bogen erscheinen müssen, folgt einfach aus den Gesetzen der Perspective; auch zeigte sich dieses am 6. und 7. April 1819 bei einem Nordlichte, welches zu Cumberland-House den ganzen Himmel vom Horizonte bis zum Zenith erfüllte, in etwa 55 englischen Meilen Entfernung aber einem Bogen mit Strahlen und Blitzen glich. Hoon setzt als Ergebnisse seiner Beobachtungen zu Fort Enterprise unter  $64^{\circ} 28' 24''$  N. B.,  $113^{\circ} 6'$  W. L. und bei  $36^{\circ} 24' 7''$  östlicher Abweichung der Magnetaedel noch hinzu, dafs solche Bögen, welche schon im Horizonte glänzend sind, in dieser Eigenschaft nach dem Zenith hin zunehmen und die Strahlen sichtbar machen, aus denen sie zusammengesetzt sind, wenn ihre innere Bewegung schnell ist. Letztere, einem plötzlichen Erglügen ähnlich, geht von verschiedenen Theilen des Bogens aus und verbreitet sich nach beiden Seiten. Bei dieser Bewegung entstehen die beschriebenen Strahlen, welche sich zu Zweigen, geschlängelten Linien und unregelmäfsigen Krümmungen gestalten, indem die Zweige im Zenith vereint die sogenannte *Krone* erzeugen. So lange die Strahlen ruhig stehen, sind sie nicht gefärbt, denn Farben zeigen sich erst, wenn die Bewegung in ihnen anfängt. Wenn diese Strahlen oft wiederholt gebildet werden und sich stark bewegen, so verschwindet die Gestalt der Bögen, aber es ist nicht zu bezweifeln, dafs sie für einen südlichen Beobachter noch bleibt, indem es absurd seyn würde anzunehmen, dafs diese Wechsel blofs im Zenith eines einzigen Ortes stattfinden sollten, auch haben gleichzeitige Beobachtungen an verschiedenen Orten im Jahre 1820 das Gegentheil factisch dargethan. Die Bögen, und mitunter blofs ihre einzelnen Theile, bewegen sich südwärts, wo die letzteren sich zuweilen wieder zu einem kenntlichen Bogen vereinigen, und diese Bewegung dauert von 20 Minuten bis 2 Stunden. Zu Cumberland-House erhielten sich die Bögen zuweilen mehrere Stunden, und will man daher keine langsamere Bewegung derselben annehmen, so mufs ihr Abstand von der Erde gröfser gewesen seyn. Ueberhaupt sind die im Horizonte schwach leuchtenden, ohne Vermehrung ihres Glanzes und ohne die



innere Bewegung das Zenith erreichenden Bögen für beträchtlich höher zu halten.

An diese genauen Beschreibungen des Nordlichts schlossen sich am besten diejenigen an, welche unter fast gleich hohen Breiten, nämlich  $69^{\circ}$  bis  $72^{\circ}$  N. B., aber bedeutend verschiedener Länge, nämlich an den Küsten des sibirischen Eismerees vom russischen Capitain-Lieutenant, Baron v. WRANGEL, angestellt wurden<sup>1</sup>. Dieser beschreibt die vielen, während seines mehrjährigen Aufenthalts in jenen unwirthbaren Gegenden genau gesehenen Nordlichter im Allgemeinen auf folgende Weise. Am nördlichen Horizonte, wenn er unbewölkt ist, zeigt sich ein heller und farbenloser Streifen in Form eines Kreissegments, dessen horizontale Weite anfänglich nur  $20^{\circ}$ , später aber bis  $80^{\circ}$  und mehr einnimmt und dessen scheinbare Höhe allmählig  $1^{\circ}$  bis  $6^{\circ}$  ausmacht. Das Licht dieses Segments ist ruhig und nicht so stark, als das des Vollmondes. Dann schiessen von Zeit zu Zeit aus dem Segmente, am häufigsten an der Ostseite desselben, unruhige und helle Strahlenbündel von unten nach oben und erhalten sich einige Zeit als bewegliche Säulen, welche sich, wie nach dem Winde, biegen und krümmen. Diese Bewegung ist eben so merklich, als die der Wolken bei starkem Winde. Andere Säulen entstehen an dem Segmente, als wären sie von den ersten angezündet. So schwingt sich die ganze Säulenmenge nach einer gemeinschaftlichen Richtung hin und her; allmählig verschwinden sie, eine nach der andern, nach zwei bis drei Minuten. Zuweilen erzeugen sich solche Säulen von stärkerem Lichte als das Segment in diesem Segmente selbst, deren einige nicht über dasselbe hervorragen, andere aber sehr hoch heraufschießen. Der Glanz aller dieser Säulen ist merklich stärker, als der des Segments, aus welchem sie zu entstehen scheinen. Nachdem dieses Entstehen und Verschwinden eine sehr unbestimmte Dauer gehabt hat, verschwinden die Säulen ganz, und dann auch das blässere Segment; wenn aber die Säulen sehr unruhig gewesen sind, verschwindet oft die regelmäßige Figur des ruhigen Scheins und

---

<sup>1</sup> Physikalische Beobachtungen des Capitain-Lieutenant Baron v. WRANGEL während seiner Reise auf dem Eismere in den Jahren 1821, 1822 und 1823. Herausgegeben und bearbeitet von G. F. PARROT u. s. w. Berl. 1827, 8. S. 55.

es bilden sich unregelmäßige krumm- und gerad-linige Lichtfiguren, bald zusammenhängend, bald getrennt, die einige Zeit (eine Viertelstunde, auch länger) sich erhalten, blässer werden und dann ganz verschwinden.

Unter allen in mittleren Breiten netherdings beobachteten Nordlichtern war keins so ausgezeichnet durch seine Vollständigkeit, seinen außerordentlichen Lichtglanz, unglaublich weite Verbreitung und ungewöhnlich lange Dauer, als das vom 7ten Jan. 1831, jedoch vervollständigen die sehr vielen Beobachtungen desselben nur wenig dasjenige, was bereits durch MAIRAN darüber mitgetheilt worden ist. Inzwischen dürften nicht sobald wieder so vollständige Beobachtungen möglich werden und es ist daher nöthig, einige derselben mitzutheilen<sup>1</sup>. Am Abende dieses Tages, an welchem der Sonnenuntergang in Berlin eine Minute nach 4 Uhr fiel, erhoben sich nach dem Berichte des Salinendirectors SKRYF in Colberg nach halb 6 Uhr genau am nordöstlichen und nordwestlichen Horizonte zwei röthliche Wolkenstreifen, die einander entgegengogen und kurz vor 6 Uhr ein vollständiges, anscheinend aus dunkeln Wolkenmassen bestehendes Kreissegment bildeten, während der einschließende Bogen oben ganz weiß war, nach beiden Seiten hin aber röthlich, fast rosenroth, dann purpurfarbig, und ganz unten durch Violett in Schwarzblau überging. Die Lebhaftigkeit dieser Farben wechselte, war aber im Anfange der Erscheinung am stärksten. Aus der Mitte dieses Segmentes stiegen bisweilen parallele Lichtstreifen nach dem Zenith auf, ihr Licht war aber jederzeit matter als das des Saumes und nach obenhin röthlich. Gegen 6 Uhr 30 Min. erhoben sich fast genau im W. und im O. zwei blendend weiße Lichtstreifen, doppelt so breit als der Saum des Kreisbogens, aber mit geringer Erhebung. Die Lebhaftigkeit ihres Lichtes wechselte ab, bis sich kurz vor 7 Uhr der westliche Streif mit vollem Glanze erhob, im Bogen nach dem Zenith und über dasselbe hinweglief nach dem östlichen Streifen, der ihm dabei entgegenkam, und sich mit demselben zu einem zweiten bedeutend breiten Kreisbogen verband, welcher so glänzend strahlte, daß die Erde durch ihn merklich erleucht-

---

<sup>1</sup> Alle Angaben über dieses Phänomen entlehne ich aus POGGENDORFF's vollständiger Zusammenstellung in dessen Annalen Th. XCVIII. S. 434.

tet ward. Die Bildung dieses zweiten Bogens, gegen welchen der Glanz des ersten verschwand, dauerte kaum 30 Secunden; er bestand nur etwa zwei Minuten, und hiermit endigte die ganze Naturerscheinung, indem nach und nach jede Stelle des Himmels dunkelte, so daß 15 Minuten nach 7 Uhr gar nichts mehr zu sehen war.

Zu Brakel im Paderbornschen erschien gegen 6 Uhr im Westen ein heller, blendender Schein, wie ein entstehendes Feuer, welcher sich schnell nach Osten in Form eines Regenbogens hinzog und die Gegend so stark erleuchtete, daß man ohne Anstrengung Gedrucktes lesen konnte. Der Bogen war oben etwas platt gedrückt, man sah die größeren Sterne deutlich durch denselben und er verschwand eben so schnell, als er entstanden war, wobei er jedoch in W. und O. einen hellen Schein zurückließ. Nach etwa 3 Minuten entstand der Bogen wieder, jedoch höher, so daß er durch das Zenith ging, verschwand wieder und erzeugte sich nach etwa 10 Minuten abermals, aber jetzt im Rücken der nach Norden gerichteten Beobachter. Während der Entstehung dieser Bögen wurde das Nebelgewölk im Norden erhellt, schoß röthliche, radienförmige Strahlen empor, welche zunehmend mehr divergirten und höher zum Zenith hin aufstiegen, mit verschiedenem Farbenspiele und ungleicher Intensität des Lichtes wechselten und im Ganzen sich vom nordöstlichen zum nordwestlichen Horizonte hinzogen.

Klönk in Berlin sah erst nach 6 Uhr das dunkle Segment im Norden, über welchem etwas mehr westlich ein Lichtbogen von etwa  $20^\circ$  größter Höhe über dem Horizonte sich erhob. Das gelblich weiße Licht der Zone war stets etwas fluctuirend; es bildeten sich mehrere solche Lichtbögen, die vom östlichen und westlichen Horizonte ihren Ursprung nahmen, mit wechselnder Lichtstärke sich bis in das Zenith zogen, ja bei  $45^\circ$  Graden südlich von demselben erst verschwanden und oft stark erleuchteten feinen Wölkchen glichen. Unterdeß stiegen vom nördlichen und nordwestlichen, ja vom nordöstlichen bis zum westlichen Horizonte Strahlen empor, meistens von hellweißer Farbe, deren Ränder am hellsten waren und die von dem Segmente aus das Zenith oft schneller als in einer Minute erreichten. Gleichzeitig mit diesen zeigte sich am nordöstlichen, nördlichen und nordwestlichen Himmel bis etwa  $50^\circ$  Höhe über dem dämmerungsartigen weißen Segmente ein prachtvolles rothes

Licht, welches in einzelnen Parthieen am Himmel zerstreut und am Rande verwaschen war, auch von den aufsteigenden Lichtstrahlen durchbrochen wurde. Nach halb 8 Uhr erhob sich oberhalb des bis etwa  $10^{\circ}$  über dem Horizonte niedergesunkenen Dämmerungslichtes eine im Osten und Westen ihre größte Stärke zeigende glänzend rothe Zone, welche dem Widerscheine einer entfernten Feuersbrunst glich und allmählig dem Zenithe sich nähernd über die Hälfte des Horizontes einnahm. In dieser stiegen zuweilen Lichtsäulen empor und das Dämmerungslicht erschien gelblich grün. Ein Viertel nach 9 Uhr erhellte dieses rothe Licht und gegen 11 Uhr erhob sich ein Nebel, durch dessen Lücken man bloß den nördlichen Dämmerungsschein erblickte.

Das dunkle Segment und das rothe Licht wurden sehr deutlich auch in Gotha und Marburg beobachtet, hier in Heidelberg war letzteres vorzüglich ausgezeichnet, in Wien aber beobachtete man bloß das mehr östlich liegende Segment und einige aus dessen begrenzendem Lichtbogen aufsteigende Strahlen. Eoxr in Elberfeld sah nach 6 Uhr den bald höher sich hebenden, bald tiefer hinabsinkenden, von Westen nach Osten sich erstreckenden und ein dunkles Segment begrenzenden Lichtschein, um 8 Uhr aber zwei von beiden Seiten des magnetischen Nordens gleich weit abstehende, sich mehr erhebende Lichtbögen, die sich zuletzt in Lichtsäulen auflösten, zuweilen stärker wurden und in größerer Höhe roth gefärbt waren, begleitet von einzelnen Flecken rothen Lichtes und partiellen Strahlen an den verschiedenen Theilen des Horizontes von Westen nach Osten. Die Erscheinung dauerte bis nach Mitternacht, das Licht erschien ruhig und nicht flackernd.

In Utrecht gestattete der sehr heitere Himmel eine durch VAN MOLT angestellte genaue Beobachtung. Hiernach stand ein heller, etwa  $12^{\circ}$  breiter Bogen von S. W. nach N. O. von überall gleich hellem Lichte; nördlich von diesem bildete sich dann aus zwei vom Horizonte aufsteigenden und einer in der Mitte zwischen beiden entstandenen Lichtsäulen, die sich vereinigten, ein zweiter, welche beide mit schönem hellem Lichte strahlten, auch fehlte im Norden das dunkle Segment und der dasselbe einschließende Lichtbogen nicht, aus welchem helle Säulen bis ins Zenith emporstiegen. Gegen 9 Uhr wurde die sogenannte Nordlichtskrone (*Pavillon*) im Zenith wahrgenom-

men, aus welcher nach Südwest, Nordost und Nordwest prächtige flammende Streifen herabgingen. Unterdeß stieg eine wolkenähnliche, vorn runde und hinten mit einem zugespitzten Schweife versehene Lichtmasse von N. O. zum Zenith hinauf, bei diesem vorbei und verschwand in S. O., die Krone erlöschte bald, nach 10 Uhr war bloß noch der Lichtbogen in N. W. sichtbar, welcher bis gegen Mitternacht dauerte. Röthliche Wolken wurden dort, eben wie in Paris, und am letzteren Orte auch grünliche Stellen beobachtet.

Es ist gewiß nicht überflüssig, auch von den in England gemachten Beobachtungen das Wichtigste mitzutheilen. In Gosport sah BURNEX um 5 Uhr 15 Min. einen Lichtbogen von  $10^{\circ}$  Höhe und  $70^{\circ}$  Chorde, welcher zunehmend heller und größer wurde, so daß er nach 15 Minuten schon den Raum von Westen bis  $55^{\circ}$  östlich vom Meridiane, also  $145^{\circ}$ , einnahm. Von diesem stieg eine Lichtsäule bis  $35^{\circ}$  empor, und gleich darauf bildete sich ein schöner, regenbogenartiger Bogen dadurch, daß plötzlich von O. N. O. und S. S. W. Streifen aufstiegen, die sich  $10^{\circ}$  südlich vom Zenith begegneten. Um 5 Uhr 35 Min. theilte sich dieser Bogen etwas östlich vom Scheitel und die langen Streifen, aus denen er bestand, gingen in hellen Stücken, leuchtenden Wolken ähnlich, langsam nach Süden, zwei nach S. O., und eins nach S. W. Bald nachher bildete sich eben daselbst ein neuer Bogen, welcher südlich vorrückte, über den Mars, der in  $45^{\circ}$  Höhe und nahe am Zenith stand, hinaus, bis er verschwand, während der Bogen um das Segment im Norden stieg, aber zugleich fast erlosch. Nach 6 Uhr erhoben sich am nordöstlichen und nordwestlichen Horizonte Lichtsäulen von ungleicher Länge und Breite, deren einige Farbenspiel zeigten und durch das Zenith gingen; der Bogen im Norden stieg und sank zugleich abwechselnd und es erhoben sich aus ihm mehrere karmoisinrothe Säulen von ausgezeichneter Schönheit, zwischen 7 und 8 Uhr aber erlangte das Nordlicht seine größte Schönheit, indem es über zwei Drittheile des ganzen Himmels einnahm und die verschieden geformten und mannigfach wechselnden, roth, orangefarben, karmoisin, grün und purpurfarben gefärbten Säulen mit dem reinen Blau des Himmels und dem funkelnden Lichte der Sterne einen auffallenden Contrast bildeten. Die Erscheinungen wiederholten sich noch einigemal in geringerer Stärke, der Nordlichtbogen,

aus dem noch abwechselnd Säulen aufstiegen, sank allmählig tiefer, hatte um 1 Uhr noch etwa  $6^{\circ}$  Höhe, aber bis 2 Uhr sah man noch einzelne schwache Lichtblitze. In Woolwich beobachtete STURGEON zuerst den einen Bogen, es bildete sich jedoch nach einer Stunde in einer größeren Höhe ein zweiter, ihm concentrischer, welche im Verlaufe der Zeit ungleiche Höhen, nie aber mehr als  $21^{\circ}$  erreichten. Die Enden beider verloren sich anscheinend in einer dunkeln Wolke; aufsteigende Lichtsäulen wurden gleichfalls beobachtet, und namentlich zeigten sich solche auch in dem dunkeln Segmente, einmal sogar verschwand dieses Segment völlig und der ganze östliche Horizont war erleuchtet, es stellte sich jedoch wieder her, und so wurde die Erscheinung bis 12 Uhr beobachtet. Den von BURNET gesehenen südlichen Bogen erwähnt STURGEON nicht, wohl aber geschieht dieses durch CHRISTIE zu Blackheath bei Greenwich.

Vorzüglich wichtig sind die Beobachtungen aus Scandinavien. SVANBERG in Upsala erblickte erst 20 Minuten nach 6 Uhr einen schwachen Schein im Norden, dagegen zeigte sich ihm das Phänomen in hohem Glanze am südlichen Himmel, wo eine rothe Säule in W. S. W. den Horizont berührte, deren Endspitze mit den Spitzen anderer in W. und S. aufsteigender Säulen in  $70^{\circ},3$  Höhe die Krone bildete. Sie hatte nur eine augenblickliche Existenz, indem die sie erzeugenden Säulen sich in einen länger dauernden Bogen formirten. Auch in Stockholm sah RUBBERG das dunkle Segment mit seinem  $20^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  über den Horizont erhabenen Lichtbogen, von welchem keine Säulen, sondern nur flackernde Lichtwellen aufstiegen. In Kila sah man um 6 U. 15 M. am nördlichen Himmel ein Wolkenbette, von welchem eine Menge Strahlen ausgingen, am südlichen stand zugleich ein dunkler Wolkengrund mit einem leuchtenden Nimbus. Durch die Mitte des Himmels, etwas südlich vom Zenith, ging ein schöner rother Lichtbogen vom westlichen zum östlichen Horizonte, unten doppelt so breit als ein Regenbogen, oben schmaler, mit einer strahlenden, etwas feuergelblichen und helleren Glorie (einer Krone), welcher sich wohl eine Stunde erhielt. Während seines allmählichen Abnehmens schossen Strahlen von allen Gegenden nach dem Zenith hin, so daß um 8 Uhr der ganze Himmel mit dem Nordlichte bedeckt war. Lieutenant JOHNSON in Christiania, ein Schüler von

HARTZEN, hat das Phänomen dort nicht bloß genau beobachtet, sondern auch durch eine Zeichnung den Anblick desselben versinnlicht<sup>1</sup>. Um 6 Uhr Abends sprang dort der schwarze nördliche Wind nach einem heitern Tage plötzlich nach W. oder W. S. W. um, der Himmel bewölkte sich und es fiel so viel Reifschnee, daß die Straßen glatt mit Eis überzogen wurden. Plötzlich zeigte sich ein heller ellipsenförmiger Streif von W. S. W. durch das Zenith nach O. N. O., oben etwa 60° breit, an der Südseite durch die schon am Tage beobachtete Schneebank, ein finsternes, entfernten schwarzen Bergen ähnliches Gewölk, an der Nordseite durch eine Nordlichtbank begrenzt, aus welcher ein weißes Flammenmeer bis zur Höhe der Cassiopea hervorströmte. In der großen Axe der Ellipse lag ein mit Regenbogenfarben prangender Bogen, welcher mit beiden Schenkeln den Horizont berührte, am Zenith etwa 2°, unten gegen 9° breit war und in der Mitte die einer Glorie oder matten Sonne ähnliche Krone bildete, aus welcher Strahlen nach allen Seiten fuhren. Unter den stärksten Farben, dem Gelb, Violett und Roth, war die letztere vorherrschend, fiel oben am Bogen ins Weißliche, näher am Horizonte ins Dunkle, so daß es einer nächtlichen Feuersbrunst glich. Der Bogen stand eine halbe Stunde, dann vertheilte sich die Krone, demnächst von W. her allmählig der Bogen, das Nordlicht blieb im S. noch als weißliche Wolken; dann bezog sich um halb 7 Uhr etwa der Himmel mit Wolken und der Wind aus W. hörte auf.

Daß die zuweilen beobachteten einzelnen Lichtbögen, wie z. B. durch HÄLLSTRÖM<sup>2</sup> und andere, insbesondere aber am 29. Sept. 1828 durch Capt. KATER und von MOLL zu Chesham's Lodge in England<sup>3</sup>, gleichfalls in die Classe der Nordlichter gehören, scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen; in-

1 Sehr viele Beschreibungen von Nordlichtern sind von Zeichnungen begleitet. Inzwischen glaube ich, daß diese nur wenig Belehrung gewähren, und ich beschränke mich daher auf die Mittheilung dieser einzigen, welche wegen der im Süden und im Norden stehenden Wolkenmassen vorzügliches Interesse gewährt. Sie stellt das Ansehn des Himmels, projecirt auf den Horizont von Christiansand, vor, das Auge des Beobachters außerhalb der Himmelskugel gedacht.

2 G. XVIII. 74.

3 Phil. Mag. and Ann. T. IV. p. 387.

zwischen halte ich es für überflüssig, solche mehrmals wahrgenommene bogenartige Lichtscheine einzeln namhaft zu machen.

## B. Einzelne Erscheinungen beim Nordlichte.

Gäbe es eine allgemein oder auch nur von dem größten Theile der Physiker angenommene, allen einzelnen Erscheinungen und deren Bedingungen genügende Erklärung dieses Meteors, so dürfte es mit Recht überflüssig zu seyn scheinen, der allgemeinen Darstellung des Phänomens noch eine in das Einzelne eingehende specielle Erörterung desselben folgen zu lassen; allein da dasselbe noch keineswegs vollständig erklärt ist, so halte ich es nicht bloß für nützlich, sondern sogar für nothwendig, dasjenige aus den zahlreichen Berichten zusammenzustellen, was als gewisse Thatsache zu betrachten ist, und dieses von demjenigen zu sondern, was zweifelhaft bleibt oder als falsch verworfen werden muß, um wo möglich eine feste Grundlage für gegenwärtige und künftige Erklärungsversuche zu erhalten.

### a) Periodischer Wechsel der Nordlichter.

Es ist ausgemacht, daß die Nordlichter zu gewissen Zeiten häufiger sind, als zu andern, allein es ist dennoch keine leichte Aufgabe, hieraus einen bestimmten periodischen Wechsel für kürzere oder längere Zeiträume abzuleiten. Geht man in die älteren Zeiten zurück, so bleibt es fraglich, ob alle Erscheinungen desselben an irgend einem gegebenen Orte vollständig aufgezeichnet sind. Damals fehlten außerdem die jetzigen zahlreichen Zeitschriften, welche die Beobachtungen aus entfernten Gegenden zur allgemeineren Kenntniß bringen, indem man früher wohl nur diejenigen beachtete, welche zwischen dem 45sten bis etwa 52sten Breitengrade gesehen wurden, abgerechnet daß manche wegen bedeckten Himmels oder des nächtlichen Schlafes der Beobachter unbemerkt blieben. Hieraus wird erklärlich, warum die Register aus verschiedenen, nicht sehr weit entfernten Gegenden keineswegs mit einander übereinstimmen. Weil aber diese Bedingungen in längeren Perioden sich nothwendig wieder ausgleichen müssen, so geht aus den vorhandenen Angaben wenigstens so viel hervor, daß sie auch unter den genannten Breiten in gewissen mehrjährigen Zeiträumen bald



häufiger bald seltener waren, wenn sie sich gleich unter sehr hohen Breiten stets ziemlich häufig, aber in den Perioden des Mangels auch dort von weit geringerer Stärke zeigten.

Dafs ihre Beobachtung bis hoch in das geschichtliche Zeitalter hinaufreicht, ist nicht blofs mit Gewifsheit zu erwarten, sondern findet sich auch in der Erfahrung bestätigt; allein die sehr alten Nachrichten von ihnen sind kaum geeignet, bei der Frage über einen periodischen Wechsel derselben als Grundlage zu dienen, weil sie als Vorbedeutungen wichtiger Ereignisse betrachtet<sup>1</sup> und in der grofsen Classe der feurigen und leuchtenden Meteore mit begriffen wurden. Der erste, welcher sie nicht mehr als solche ansah und darstellte, ist GASSENDI, mit welchem die genaueren Beschreibungen derselben anfangen und der ihnen in Folge des von ihm am 12. Sept. 1621 gesehenen den Namen *aurora borealis* beilegte. Schon ARISTOTELES<sup>2</sup> erwähnt dieses Phänomen, nicht minder PLINIUS<sup>3</sup> und SENECA<sup>4</sup>, so wie auch eine Menge Schriftsteller der späteren Zeit. Eine sehr vollständige Zusammenstellung der älteren Nachrichten, welche unter andern LYCOSTHENES<sup>5</sup>, JULIUS OBSEQUIENZ<sup>6</sup>, GREGORIUS TURONENSIS<sup>7</sup> und spätere Schriftsteller aufgezeichnet haben, ist durch v. MAIRAN in seinem bekannten Werke mitgetheilt worden<sup>8</sup>. Nach seiner Angabe sind folgende bekannt geworden.

Von	583 bis	1354	zusammen	26	giebt jährlich	0,034
-	1446	- 1560	—	34	—	0,300
-	1561	- 1592	—	69	—	2,226
-	1593	- 1633	—	70	—	1,750
-	1634	- 1684	—	34	—	0,680
-	1685	- 1721	—	219	—	8,422
-	1722	- 1745	—	961	—	41,782
-	1746	- 1751	—	28	—	5,600

1 BERTHOLON in Encycl. meth. Part. de Phys. Art. Aurore boréale.

2 Meteor. L. I. cap. 4 u. 5.

3 Hist. nat. L. II. cap. 26 u. 27.

4 Quaest. nat. L. II.

5 Chronicon prodigiorum ac ostentorum. Basil. 1557. fol.

6 De prodigiis. Cum notis Var. cur. F. Oudendorp. Lugd. Bat. 1720. 8.

7 Opp. cur. Th. Ruinarti. Par. 1699. fol.

8 Verschiedene ältere Beobachtungen und eine Angabe derjeni-

Dieses Verzeichniß ist zwar keineswegs ganz zuverlässig, weil sicher manche wirklich erschienene Nordlichter darin fehlen und zugleich manche anderweitige leuchtende Meteore darin aufgenommen sind, allein es beweist wenigstens im Allgemeinen so viel, daß auch früher die Zahl der Nordlichter nicht in allen Jahren gleich groß und im Ganzen wohl weder bedeutend größer noch auch kleiner war, als gegenwärtig. Auch der in den letztverflossenen Jahren beachtete gänzliche Mangel derselben findet sich schon in jenen älteren Zeiten. Nach MAIRAN soll von 1465 bis 1520 gar kein Nordlicht erwähnt seyn, obgleich man damals nicht vergaß, alle auffallende Erscheinungen am Himmel aufzuzeichnen. Auch von 1581 bis 1600 sollen sie gänzlich fehlen und von 1621 bis 1686 wieder eine Lücke seyn, obgleich es gerade damals viele fleißige Beobachter des Himmels gab. Auf alle Fälle ist es schwer, die einzelnen hier und dort zerstreuten Nachrichten von beobachteten Nordlichtern vollständig aufzufinden, dabei gegen mehrmalige Angaben des nämlichen Phänomens gesichert zu seyn und sich sonach eine zuverlässige Grundlage des Urtheils über einen periodischen Wechsel derselben zu verschaffen. So sollen unter andern nach MAIRAN von 1686 an in den folgenden Jahren mindestens einige Nordlichter erwähnt werden, aber HALLEY<sup>1</sup> sagt von dem, welches er 1716 beobachtete, es sey dieses das erste, was er, damals 60 Jahr alt, gesehen habe, und doch sind diese Meteore in England schon häufiger als auf dem Continente. BERTHOLOM<sup>2</sup> theilt in seiner sehr ausführlichen Abhandlung über das Nordlicht eine weitläufige, nach Jahren geordnete Tabelle der beobachteten Nordlichter mit. Nach dieser fehlen sie aber keineswegs in den eben genannten Perioden gänzlich, wohl aber in einzelnen regellos wechselnden Jahren, z. B. von 1600 an in den Jahren 1601, 1604, 1610 u. 11, 1613, 1616 bis 1621, 1631 u. 32, 1635 u. 36, 1639, 1641 bis 44, 1647 bis 49, 1651 bis 53, 1656, 1658 bis 60, 1667 bis 70, 1672, 1674 u. 75, 1678 u. 79, 1681, 1687 bis 89, 1691, 1700 u.

---

gen Schriftsteller, welche diese aufgezeichnet haben, findet man in MUSCHENBROOK Introd. §. 2489. desgleichen von F. C. MAIRA in Comm. Pet. T. I. p. 366. u. a. a. O.

1 Phil. Trans, N. 847.

2 Encyclop. méth. T. I. p. 841.

1701, 1703, 1705 u. 6, 1712 u. 13, 1715, worauf dann mit 1716 die Periode ihres unglaublich häufigen Erscheinens beginnt, welche für das Jahr 1730 das Maximum mit 116 giebt. Befinden sich hierunter auch einige doppelt gezählte, so ist doch die überwiegend große Menge derselben in dieser Periode nicht zu verkennen, denn auch MUSSCHENBROEK<sup>1</sup> versichert, daß sie seit dem Jahre 1716 sehr häufig gewesen wären, indem er selbst in Utrecht und Leiden 720 beobachtete, CELSIUS aber für Scandinavien von jenem Jahre an gerechnet 316 aufzeichnete<sup>2</sup>.

Die genauern und vollständign Aufzeichnungen der Nordlichter in den neuern Zeiten führen unverkennbar zu dem Resultate, daß die nämlichen nicht an allen den Orten, wo sie gleichzeitig gesehen werden konnten, wirklich wahrgenommen und aufgezeichnet wurden, woraus eben eine große Schwierigkeit der Bestimmung eines periodischen Wechsels hervorgeht. Nach CORRE<sup>3</sup> wurden zu Leiden in 29 Jahren 750, also jährlich 26, zu Franecker in 7 Jahren 177, also jährlich 25 beobachtet, welches sehr nahe übereinstimmt. Zu Montmorenci dagegen

von 1668 bis 1779 zusammen	131	giebt	jährl.	1,2
- 1780 - 1789	— 84 —			9,3
- 1790 - 1808	— 53 —			2,9

Für Paris giebt derselbe an

von 1634 bis 1684 zusammen	34	giebt	jährl.	0,7
- 1685 - 1721	— 219 —			6,0
- 1722 - 1745	— 961 —			41,8
- 1746 - 1751	— 28 —			5,6

Hierbei ist insbesondere die von 1722 an fallende große Zahl höchst merkwürdig und erzeugt den Verdacht irriger Angaben, denn selbst in Upsala beobachtete CELSIUS<sup>4</sup> von 1716 bis 1732 nur 224, also jährlich 14. Es bleibt dabei immerhin möglich, daß Nordlichter, welche einige Tage nach einander wiederkehrten und selbst in der nämlichen Nacht ein oder einige Male unterbrochen wurden, an dem einen Orte nur einfach, an ei-

<sup>1</sup> Introd. §. 1489.

<sup>2</sup> SENATORIUS diss. de aurora bor. Heid. 1760. 4. p. 4.

<sup>3</sup> Mémoire sur la Météorologie. Par. 1789. Journ. de Phys. LXXII. p. 168.

<sup>4</sup> Observationes de lumine boreali. Norimb. 1733. 4.

nem andern mehrfach gezählt sind. Soviel ist einmal ausgemacht, daß die Nordlichter von 1720 an bis etwa 1790 im Ganzen sehr zahlreich waren, nachher wahrhaft unter die Seltenheiten gehörten, so daß wir uns nach HANSTEEN<sup>1</sup> von jener Zeit an und während der ersten drittehalb Decennien dieses Jahrhunderts in einer der großen Pausen dieser Meteore befinden. Dieses geht sowohl aus den bereits mitgetheilten Verzeichnissen, als auch aus denen anderer Schriftsteller hervor, von denen ich unter andern folgende mittheile. Nach KIMON wurden zu Berlin von 1707 bis 1735 zusammen 106 Nordlichter gesehen. In den Verhandlungen der Londoner Societät werden vor 1716 gar keine erwähnt, von dieser Zeit an aber bis 1750 zusammen 202. CELSIUS<sup>2</sup> zählt nach eigenen und fremden Beobachtungen in Schweden von 1716 bis 1733 im Ganzen 384; KRAFFT<sup>3</sup> nach seinen Registern in Petersburg für die Jahre von 1726 bis 1736 einschließlic 144, DE L'ISLE<sup>4</sup> aus eigenen und seines Bruders Beobachtungen gleichfalls in Petersburg und in den nämlichen Jahren nicht weniger als 233; THOMAS SHORT<sup>5</sup> giebt für die Jahre 1717 bis 1742 die Zahl der merkwürdigen zu 127 an; EUST. ZANOTTI und BART. BECCARI beobachteten zu Bologna und an andern Orten Italiens von 1727 bis 1751 überhaupt 88; WEIDLER<sup>6</sup> in Wittenberg von 1731 bis 1750 im Ganzen 91; in Carlsruhe wurden von 1779 bis 1783 einschließlic 68 beobachtet, von 1790 bis 1803 aber gar keins<sup>7</sup>.

Aus den hier mitgetheilten Zusammenstellungen geht unverkennbar hervor, daß die Menge der Nordlichter allerdings einem sehr auffallenden Wechsel unterworfen ist, allein es dürfte zugleich sehr schwer seyn, eine bestimmte Periodicität dieses Wechsels aus ihnen aufzufinden. RITTER<sup>8</sup> erregte sei-

<sup>1</sup> Schweigger's Journ. N. B. XVI. 197.

<sup>2</sup> Phil. Trans. XXXIX. p. 241. Year 1736. Acta Lit. Suec. anni 1731.

<sup>3</sup> Comm. Soc. Pet. T. IX. p. 328.

<sup>4</sup> Mém. pour servir à l'histoire et au progrès de l'Astronomie. Pet. 1758.

<sup>5</sup> General and chronological history of air etc. Lond. 1749.

<sup>6</sup> Dissert. de aurora boreali. Vitemb. 1751. 4.

<sup>7</sup> Diese durch die Güte des Dr. EISENLOHN mir mitgetheilten sehr genauen Beobachtungen werde ich später noch weiter benutzen.

<sup>8</sup> G. XV. 206. XVI. 221.

ner Zeit vieles Ansehen durch die Behauptung, daß die Nordlichter eine zehnjährige Periode ihrer zahlreichern und seltenern Erscheinungen befolgten und hierbei mit den Meteorsteinfällen wechselten, wonach also 1806 oder spätestens 1816 wieder ein Maximum ihrer Zahl eintreffen sollte; allein diese letztere Forderung ist nicht eingetroffen und überhaupt zeigt sich die ganze Hypothese als der Erfahrung widerstreitend, so daß man den Beifall, womit sie aufgenommen wurde, hauptsächlich nur der Dreistigkeit zuschreiben muß, womit zwei sehr räthselhafte und höchst interessante Phänomene anscheinend in einen gewissen Causalnexus gesetzt wurden. Zur Begründung seiner Hypothese benutzt RITTER hauptsächlich die Beobachtungen des Pastor ZEISSIG. Hiernach fallen in die Jahre

1770 — 7	1780 — 4	1788 — 16
1771 — 1	1781 — 4	1789 — 2
1772 — 1	1783 — 5	1790 — 2
1773 — 4	1784 — 3	1792 — 2
1777 — 4	1785 — 1	1793 — 1
1778 — 5	1786 — 2	1796 — 1
1779 — 12	1787 — 10	

und sie fehlten gänzlich in den nicht angegebenen Jahren. Inzwischen stimmen diese Angaben nicht genau mit den Ergebnissen der Carlsruher meteorologischen Register überein, die ihrer Vollständigkeit und Genauigkeit wegen von großer Wichtigkeit sind<sup>1</sup>. Hiernach wurden zu Karlsruhe beobachtet

1779 — 23	1783 — 10	1804 — 1
1780 — 19	1784 — 4	1817 — 3
1781 — 12	1786 — 4	1831 — 1
1782 — 4	1789 — 6	

sie fehlten aber gänzlich in den nicht angezeigten Jahren. Aber auch in diesen wurden an andern Orten allerdings Nordlichter gesehen, wie hauptsächlich aus der nachher folgenden Uebersicht der Beobachtungen aus dem jetzigen Jahrhundert mit größter Evidenz hervorgeht, sich aber außerdem schon aus DALTON'S Angaben<sup>2</sup> ergibt. Dieser beobachtete nämlich

1 Ich folge hierbei den Mittheilungen des Dr. EISENLOHR, welche unbedeutend von demjenigen abweichen, was BOECKMANN in G. VII. 32. bekannt gemacht hat.

2 G. XV. 205.

1788 — 53	1796 — 0	1799 — 2
1794 — 6	1797 — 13	1800 — 4
1795 — 2	1798 — 0	1801 — 5

Die in dem laufenden Jahrhunderte bis zum 7. Jan. 1831 an den verschiedenen Orten gesehenen Nordlichter sämmtlich in einem Verzeichnisse zusammenzustellen ist zwar von untergeordnetem Interesse, inzwischen scheint es mir dennoch räthlich, bei einem so merkwürdigen und noch keineswegs genügend erklärten Phänomene alle diejenigen Beobachtungen aus der genannten Periode aufzunehmen, welche mir beim Nachlesen über diese Meteore vorgekommen sind, mit Ausschluss der unter hohen Breiten und der in Nordamerica gesehenen, wobei ich jedoch keineswegs absolute Vollständigkeit verbürgen kann. Folgendes ist wenigstens ein ziemlich vollständiges chronologisches Verzeichniß.

1801 sah HÄLLSTRÖM<sup>1</sup> ein Nordlicht zu Åbo am 11. und 12. Oct., BREWSTER<sup>2</sup> zu Edinburg am 5. Dec.

1802 wurden in Schweden Nordlichter gesehen<sup>3</sup> am 2. Jan., am 6. und 29. März, am 16. und 29. April und durch v. HORNER zu Schaageragt unter 57° N. B. 8° O. L. von Greenwich am 19. Sept.

1804 wurden Nordlichter gesehen am 12. Oct. durch AUSFELD in Schnepfenthal<sup>4</sup>, am 22. Oct. durch WAEDE in Berlin, GILBERT in Halle, SOMMER in Königsberg, LAMARK in Paris, BORY DE ST. VINCENT in Brügge, desgleichen in Petersburg und an verschiedenen andern Orten<sup>5</sup>.

1805 am 1. Jan. und 26. März durch W. PITT in Carlisle<sup>6</sup>, am 23. Febr. durch DALTON in Manchester<sup>6</sup>, ferner am 27. u. 28. Mai, am 29. Aug., am 21. u. 22. Sept., am 13., 20. u. 22. Octbr., am 16., 18., 19., 20., 25. u. 26. Novbr. und am 26. Decbr.

1 G. XVIII. 75.

2 Edinb. Journ. of Sc. IX. 74.

3 Dissert. de arcubus luminosis in coelo conspectis. Praes. HÄLLSTRÖM. Aboae 1802.

4 V. Zach Mon. Corr. IX. 58.

5 G. XIX. 108.

6 G. XIX. 106. 111. 249. 252.

7 G. XIX. 219.

8 Nicholson Journ. X. 303.

1806 am 2. Nov. von W. BRANDES zu Eckwarden und am 22. Dec. von GILBERT in Halle, das nämliche, welches auch zu Paris gesehen wurde<sup>1</sup>.

1807 am 13. Jan. von GILBERT in Halle<sup>2</sup> und am 26. März von HAUSMANN<sup>3</sup> auf der Grenze zwischen Norwegen und Schweden unter etwa 62° 5' N. B.

Von hier an folgt eine, wie es scheint, mindestens für das Continent vollständige Lücke.

1814 wurde wieder ein Nordlicht am 7. Apr. durch HOWARD in Tottenham gesehen<sup>4</sup> und

1816 am 7. Oct. durch HANSTEEN zu Christiania<sup>5</sup>.

1817 wurden verschiedene an mehreren Orten gesehen, am 6. Febr. zu Paris<sup>6</sup>, am 8. ebendasselbst, in Leipzig<sup>7</sup>, in der Schweiz<sup>8</sup> und zu Christiania durch HANSTEEN<sup>9</sup>, am 9. in Königsberg, zwischen dem 8. und 11. mehrmals zu Stockholm, am 18. in Hamm<sup>10</sup>, am 27. Aug. durch BIOT auf der Insel Unst, am 19. Sept. durch DUPIN zu Glasgow<sup>11</sup>.

1818 am 31. Oct. in Sunderland<sup>12</sup>.

1819 am 15. Oct. zu Suffolk und am 17. Oct. zu Seathwaite in Cumberland<sup>13</sup>, am 14. Dec. durch DANIELL<sup>14</sup> zu London.

1820 am 14. Jan. zu Stratford<sup>15</sup>, (am 3. Apr. an der Ostküste Grönlands durch SCOMESBY<sup>16</sup>), im Nov. zu Petersburg<sup>17</sup>.

1 G. XXIV. 368. XXIX. 423.

2 Ebend. XXIV. 365.

3 Dessen Reise durch Skandinavien. Th. V. S. 259.

4 G. LI. 72.

5 Schweigg. Journ. N. R. XVI. 196.

6 Ann. Ch. Phys. VI. 443.

7 G. LV. 248.

8 Bibl. univ. IV. 158.

9 Schweigg. Journ. N. R. XVI. 196.

10 GAUß in Verhandl. der Berl. Ges. Naturf. für 1820. S. 123.

11 G. LXVII. 189.

12 Ann. of Ph. I. XIII. 71.

13 Ebend. XIV. 472.

14 Dessen Meteorological Essays and Observations. Lond. 1823. p. 399.

15 Ann. Ch. Ph. XV. 425.

16 Dessen Reise übers. von Kries. S. 31.

17 Ann. Ch. Ph. XV. 425.

1822 am 13. Febr. durch **MACKENZIE** zu Inverness in Schottland <sup>1</sup>.

Nach einer abermaligen Unterbrechung von zwei Jahren beginnt die Periode der häufigern Nordlichter.

1825 am 19. März und 17. Aug. zu Leith <sup>2</sup>, am 25. Aug. zu Christiania, am 10. Sept. zu Leith, am 7. Oct. zu Paris, am 3. u. 4. Nov. zu Leith und zu Bergen in Norwegen, am 22. Nov. zu Leith <sup>3</sup>.

1826 am 5. Jan. zu Königsberg <sup>4</sup> und zu Leith, am 16. Jan. zu Leith <sup>5</sup>, am 21. Jan. zu Edinburg <sup>6</sup>, am 29. März in England von **DALTON** und mehreren andern Personen <sup>7</sup>, am 29. Apr. zu Carlisle <sup>8</sup>.

1827 am 9. Jan. durch **MARSHAL** in Kendal, am 16. Jan. durch **BLACKADER** zu Edinburg <sup>9</sup>, am 18. Jan. und 17. Febr. zu Gosport, am 27. Aug. zu Perth in Schottland, am 28. Aug. zu Roxburghshire <sup>10</sup>, am 29. Aug. zu Milnegraden in Berwickshire <sup>11</sup>, am 8. Sept. zu St. Cloud, am 9. Sept. zuerst am Tage und dann des Abends zu Canonmills und Roslin <sup>12</sup>, am 25. Sept. zu Paris, in Holland, in der Schweiz, in England, namentlich in London <sup>13</sup>, in Dänemark und Schweden, am 6. Oct. zu Manchester, am 17. Oct. zu Gosport, am 18. u. 19. zu Roxburghshire <sup>14</sup>, am 27. Dec. zu Kendal <sup>15</sup>. Um die nämliche Zeit sah **KEILHAU** <sup>16</sup> eine weit größere Menge in Finmarken, näm-

1 Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 380.

2 Edinb. Journ. of Sc. N. IX. p. 86; 89 u. 91.

3 Phil. Trans. 1829. p. 103. Ann. Ch. Ph. XXX. 424. Von diesem Jahre an begannen die Verzeichnisse der beobachteten Nordlichter durch **ARAGO** in den Annales de Chimie et Physique, die ich benutzt habe und daher meistens auf diese verweise.

4 G. LXXXVI. 560.

5 Edinb. Journ. of Sc. IX. 190.

6 Edinb. Journ. of Sc. XVII. 129.

7 Phil. Trans. 1828. p. 291.

8 Ann. Ch. Ph. XXXIII.

9 Edinburgh phil. Journ. N. S. VI. 342.

10 Edinb. Journ. of Sc. XIV. 376.

11 Edinb. phil. Journ. N. S. VI. 379.

12 Ebend. p. 378. Edinb. Journ. of Sc. XVII. 138.

13 Quarterly Journ. of Science. N. S. IV. 385.

14 Edinb. Journ. of Sc. XV. 171.

15 Phil. Trans. 1828. p. 301.

16 G. XC. 621.



lich am 28. Sept., am 1., 16., 18. u. 30. Oct., am 11., 13., 19., 22. Nov., am 1., 7., 9., 10., 13., 21., 24., 29., 31. Dec. und im Jahre 1828 am 1., 3., 4. Jan.

1828 am 5ten Juli zu Mont Morillon<sup>1</sup>, am 15. Sept. zu Edinburgh und Islay-House<sup>2</sup>, am 29. Sept. in England und den Niederlanden<sup>3</sup>, am 15. und 29. Oct. zu Perth<sup>4</sup>, am 11. Nov. durch RAMAN zu Tobolsk<sup>5</sup>, am 1. Dec. zu Beresow und Manchester und am 26. Dec. ebendasselbst und an mehreren Orten in England<sup>6</sup>.

1829 am 2. Jan. zu Kendal, am 11. Febr. durch v. HUMBOLDT zu Berlin, am 23. März zu Biggleswade in England, am 4. Apr. zu Dieppe, am 25. Juli zu Kendal, am 19. Sept. zu Manchester, am 21. u. 22. Sept. zu Aberdeenshire, am 1. Oct. ebendasselbst, am 3. Oct. zu Manchester, am 6. Oct. zu Kendal, am 11. Oct. zu Aberdeenshire, am 17. Oct. zu Manchester, am 25. Oct. zu Kendal, am 17., 18. u. 19. Nov. zu Aberdeenshire, am 14. u. 20. Dec. zu London und Aberdeenshire<sup>7</sup>.

1830 am 25. Jan. zu Aberdeenshire, am 28. Jan. zu Kendal, am 19. Febr. ebendasselbst, am 18. März zu Aberdeenshire, am 19. Apr. zu Manchester, am 5. Mai zu Petersburg, am 20. Aug. zu Kendal, am 7. u. 17. Sept. in Schottland, am 13. in Petersburg, am 5. u. 16. Oct., am 1., 4. u. 7. Nov. zu Gosport, am 7. Dec. zu Christiania, am 11., 12. u. 25. Dec. zu Gosport<sup>8</sup>. Ueberhaupt waren im Herbst dieses Jahres die Nordlichter in Schottland so häufig, daß im September allein 9 gesehen wurden<sup>9</sup>, in Bedford<sup>10</sup> unter 52° 8' 48" aber vom 7. Sept. bis 14. Dec. zusammen 13 und vom 7. bis 11. Jan. 1831 noch 3. Eben so häufig waren sie in Norwegen, woselbst nach HASTREEN<sup>11</sup> vom Anfang Augusts bis Ende Dec. 35 beobachtet wurden.

1 Ann. Ch. Ph. XXXIX. 415.

2 Edinburgh Journ. of Sc. XIX. 177.

3 Ebend. p. 146. u. Ann. Ch. Ph. XXXIX. 418.

4 Edinburgh Journ. of Sc. XIX. 179.

5 Poggendorff Ann. XXII. 550.

6 Ann. Ch. Ph. XXXIX. 421.

7. Sämmtlich aufgezeichnet in Ann. Ch. Ph. XLII. 355. XLV. 403 ff.

8 Desgl. aus Ann. Ch. Ph. XLV. 409.

9 Edinburgh Phil. Journ. N. S. N. XIX. p. 177.

10 Phil. Mag. and Ann. N. 53. p. 393.

11 Poggendorff Ann. XXII. p. 252.

Aus dieser Uebersicht der in diesem Jahrhunderte gesehenen Nordlichter geht auf jeden Fall unverkennbar hervor, daß sie nach einer auffallenden Unterbrechung gegenwärtig zahlreicher zu werden anfangen. Inzwischen darf man die Vermehrung in den letzten Jahren nicht unrichtig schätzen, wie leicht geschehen könnte, wenn man bloß die Zahl der namhaft gemachten in Betrachtung ziehen wollte, indem man vielmehr berücksichtigen muß, daß theils die Aufmerksamkeit des Publicums auf diese Meteore und der Fleiß in ihrer Beobachtung wegen ihres entdeckten Zusammenhanges mit dem Magnetismus gesteigert ist, theils aber die Hülfsmittel zur Bekanntmachung derselben durch die Menge der Zeitschriften außerordentlich vermehrt sind. Die größte Zahl der aus den letzteren Jahren angegebenen wurden nämlich in England und Schottland gesehen, allein zuverlässig wurden auch in den früheren Jahren dort viele beobachtet, die überall oder mindestens mir nicht bekannt geworden sind. Dagegen folgt aus den für einzelne Orte, z. B. Carlsruhe, Leiden, Paris und Montmorenci, mitgetheilten Verzeichnissen, daß ihre Zahl selbst in den letzten drei Jahren keineswegs so groß ist, als vor einem Jahrhundert, und es scheint mir im Ganzen aus dieser Untersuchung nichts weiter hervorzugehen, als daß sowohl ihre Zahl im Allgemeinen, als auch die der ausgezeichnet starken im Besondern in regellosen Zwischenräumen wechselt, wobei man sich fast berechtigt fühlt anzunehmen, daß sie überhaupt gegen frühere Zeiten und zuverlässig in Vergleichung mit dem vorigen Jahrhunderte seltener geworden sind. HANSTEEN<sup>1</sup> ist der Meinung, daß sie in den letzten 10 bis 12 Jahren weit zahlreicher waren und daß er sie namentlich um die Zeit der letzten Nachtgleichen in größerer Menge beobachtet habe, als seit 1793. Hiernach hält er es für entschieden, daß wir uns im Anfange einer neuen Nordlichtperiode befinden, deren letzte im Jahre 1707 mit dem von OLAUS RÖMER in Kopenhagen beobachteten großen Nordlichte anfang, um 1752 ihr Maximum erreichte und mit 1790 endigte. Solcher Perioden glaubt er seit 502 vor Chr. G. überhaupt 24 nachweisen zu können, von denen besonders die neunte von 541 bis 603, die zwölfte von 823 bis 887; die zweiundzwanzigste von 1517 bis 1588 und die vierundzwan-

---

1 Poggendorff Ann. XXII. 536.

zigste von 1707 bis 1788 sich durch ungewöhnlich starke und häufige Nordlichter auszeichneten. Da dieser ganze Cyklus von 502 vor Chr. G. bis 1830 zusammen 2332 Jahre umfaßt, so würde hiernach jede Periode etwa 97 Jahre ausmachen, also einer hundertjährigen ziemlich nahe kommen; indess ist es sehr schwierig, hierbei jede willkürliche Bestimmung völlig zu vermeiden, insbesondere wenn man so weit in die älteren Zeiten zurückgeht. Im Einzelnen läßt sich dieses leicht darthun. So setzt HANSTEEN den Anfang der letzten Periode in das Jahr 1707, aber nach HALLEY könnte sie doch nicht früher als mit 1716 anfangen. Mit der von BERTHOLON<sup>1</sup> aufgestellten tabellarischen Uebersicht der seit 394 nach Chr. G. erwähnten Nordlichter stimmt der angenommene periodische Wechsel nicht genau überein, und da die Gründe, worauf derselbe gebaut ist, durch HANSTEEN nicht angegeben werden, so muß ich mich einer Entscheidung darüber enthalten.

Dafs die Nordlichter weit häufiger im Winter als im Sommer beobachtet werden, folgt sehr natürlich aus ihrer geringen Helligkeit, die in den längeren und dunklern Winternächten ungleich leichter wahrgenommen wird. Wenn man dieses Argument vorzugsweise berücksichtigt, so könnte man geneigt werden zu glauben, dafs ihre Zahl in allen Jahreszeiten gleich groß sey. MAIRAN glaubte, sie zeigten sich blofs im Winter, und seiner Theorie gemäß am zahlreichsten zur Zeit der Nachtgleichen, weswegen das am 20. Aug. 1744 zu Cusco unter etwa 12° S. B. am Tage gesehene große Südlicht ungemeines Aufsehen erregte<sup>2</sup>. Später ist dieser Behauptung zwar mehrfach widersprochen worden, indess betrachtet man im Allgemeinen die Nordlichter als solche Meteore, welche, wo nicht ausschließlich, doch der Mehrzahl nach den Winternächten zugehören. Nach TRIENEMANN'S<sup>3</sup> Beobachtungen auf Island gehören sie weder dem Sommer noch auch der Nacht ausschließlich an, werden aber in der Regel nur dann wahrgenommen, wenn die Helligkeit des Sonnenlichts dieses nicht hindert. Auch SCORESBY<sup>4</sup>

1 Encyclop. meth. Art. Aurore bor.

2 Mém. de l'Acad. 1745. A. J. SEXTORIUS diss. de aur. bor. Heidelberg. 1760. p. 7.

3 Edinburgh phil. Journ. XX. 366. G. LXXV. 63.

4 An Account of the arctic regions. Edinb. 1820. II. voll. 8. T. I. p. 416.

erzählt, daß sie in Island und den Orten unter dem Polarkreise in jeder hellen Nacht erscheinen, im Sommer aber wegen der Tageshelle und zum Theil wegen des trüben Himmels nicht zu sehen sind. Hiermit stimmen aber die Nachrichten aus dem nördlichen America nicht überein, wo die Nordlichter im Winter sehr zahlreich, im Sommer dagegen nur sehr selten beobachtet wurden. So berichtet HOOD<sup>1</sup> von Fort Enterprise, daß im Sommer 1820 das Nordlicht vor dem August nur einmal gesehen worden sey, mit dem Bemerken, daß zwar noch einige im Sommer vielleicht unbeachtet geblieben seyn könnten, doch glaube er aus allen Umständen schliessen zu müssen, daß sie dort unter die Seltenheiten gehörten. Nach SCORESBY<sup>2</sup> sind sie vom 62sten bis 70sten Grade N. B. hauptsächlich im Frühlinge und Herbste sehr häufig, v. WAAEGEL<sup>3</sup> aber glaubt, ihre Zahl sey im nördlichen Sibirien am größten im November bei eintretendem Froste, werde aber wieder geringer im Januar, wenn die Kälte den höchsten Grad zu erreichen anfangt. HASTEN<sup>4</sup> dagegen sagt, daß zwar die langen Nächte in den Monaten November, December, Januar und Februar ihre Beobachtung sehr erleichtere, aber dennoch sähe man sie häufiger zur Zeit der Tag- und Nacht-Gleichen oder bald nachher, wie schon MAIRAN bemerkt habe. Als Ursache hiervon betrachtet er die um diese Zeit beginnende Erwärmung oder Abkühlung der Polargegenden.

Um hierüber einer Entscheidung wo möglich näher zu kommen, ist es am zweckmäßigsten, die an verschiedenen Orten in einzelnen oder mehreren Jahren gesehenen Nordlichter nach den Monaten zu ordnen. HOOD<sup>5</sup> zählte im Jahre 1819 und 20 zu Cumberland-House im Sept. 2, im Oct. 3, im Nov. 3, im Dec. 5, im Jan. 5, im Febr. 7, im März 16, im April 15, im Mai 11, womit seine Beobachtungen und Aufzeichnungen aufhörten; dann aber im Jahre 1820 und 21 im August 10, im Sept. 6, im Oct. 7, im Nov. 8, im Dec. 20, im Jan. 17, im Febr. 22, im März 25, im April 18 und im Mai 9. Gleich-

---

1 Narrative of a Journey cet. p. 580.

2 Tagebuch einer Reise übers. von KAYS. 8. 80.

3 Physikalische Bemerkungen u. s. w. S. 58.

4 Poggendorff Ann. XXII. p. 536.

5 Narrative of a Journey cet. p. 543.

zeitig wurden im Jahre 1821 zu Fort Enterprise beobachtet im Jan. 12, im Febr. 22, im März 25, im April 16 und im Mai 9, wovon das letzte auf den 13. fiel, so daß dieser Monat bei fortgesetzter Beobachtung sicher noch eine grössere Zahl gegeben hätte. In dem nämlichen Jahre zählte Capt. FRANKLIN, welcher abgesondert von Hood beobachtete, gleichfalls zu Fort Enterprise im Jan. 14, im Febr. 22, im März 26, im April 16, im Mai nur am 1., 3. u. 5., statt daß Hood noch am 6., 10., 11., 12. und 13. Nordlichter wahrnahm, bis der beständige Tag ihre Beobachtung hinderte<sup>1</sup>. Capt. PARRY erwähnt<sup>2</sup> folgende auf seiner zweiten Entdeckungsreise gesehene Nordlichter, ohne eine nähere Bestimmung, ob alle erschienene von ihm aufgezeichnet sind, nämlich in den Jahren 1819 und 20 im Sept. 1, im Oct. 2, im Nov. 7, im Dec. 4, im Jan. 3, im Febr. 4 und im März 2, in den folgenden Monaten aber unter jenen höheren Breiten keins. Auf seiner dritten Entdeckungsreise wurden diese Meteore sorgfältiger beachtet und man muß daher das mitgetheilte Verzeichniß für vollständiger halten. Es wurden da gesehen zu Port Bowen<sup>3</sup> im Jahre 1824 und 25 im Oct. 2, im Nov. 5, im Dec. 7, im Jan. 15, im Febr. 13, im März 5. Noch einen nicht unwichtigen Beitrag zur Entscheidung dieser Frage giebt das Verzeichniß der im Jahre 1829 in Nordamerica beobachteten Nordlichter, welches ARAGO<sup>4</sup> aufstellt. Hiernach wurden gesehen im Jan. 3 zu Cambridge, im April 3 zu Utica und Louville, im Mai 2 zu Utica und St. Laurent, im Juni 5 zu Cambridge, Utica, Schenectadi, St. Laurent und Pough-Keepsie, im Aug. 1 zu Cambridge und Utica, im Sept. 1 zu Albany, im Oct. 3 zu Utica, St. Laurent und Delaware, im Nov. 2 zu Louville und St. Laurent, im Dec. 2 zu Schenectadi und North-Salem. Wie man sieht, laufen die Nordlichter in diesem Verzeichnisse durch alle Monate in ziemlich gleicher Zahl, mit Ausnahme des Juli, welcher wegen grosser Helligkeit selten Nordlichter beobachten läßt, und des Februar, wdrin sie sonst mit am häufigsten sind; allein es ist zu-

1 Ebend. p. 556 bis 569.

2 Zweite Reise zur Entdeckung einer nordwestl. Durchfahrt. Hamb. 1822.

3 Journal of a third Voyage etc. Lond. 1826. 4. p. 59.

4 Ann. Ch. Ph. XLV. p. 408.

gleich nicht zu erwarten, daß ARAGO wirklich von allen in Nordamerica vorgekommenen Nordlichtern Kenntniß erhalten haben sollte.

Außer diesen Resultaten aus Beobachtungen in einzelnen Jahren giebt es auch andere aus längeren Perioden, von denen ich nur folgende ausführlicher mitzutheilen mir erlaube. KRAFT giebt folgendes Verzeichniß der von ihm in Petersburg während der Periode der häufigen Nordlichter gesehenen<sup>1</sup>.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1726	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1727	0	4	2	0	0	0	0	0	2	2	0	1
1728	1	8	3	1	0	0	0	1	5	5	1	0
1729	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0
1730	1	4	6	4	1	0	0	5	5	8	0	3
1731	0	4	2	0	0	0	0	1	6	1	0	3
1732	2	2	1	0	0	0	0	1	2	1	2	0
1733	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1
1734	0	3	2	0	0	0	0	0	4	4	0	0
1735	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3
1736	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	2	0

Die bereits erwähnten Carlsruher Beobachtungen geben mit Weglassung der Jahre, worin überall keine Nordlichter gesehen wurden, nach Dr. EISENLOHR für die einzelnen Monate folgende Resultate.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1779	1	3	2	5	2	0	1	3	1	1	2	2
1780	0	1	1	1	1	1	4	5	1	3	1	0
1781	0	1	3	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1782	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1783	0	0	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0
1784	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
1786	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0
1789	0	0	2	0	0	0	0	2	1	1	0	0
1804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1817	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1831	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Werden die oben mitgetheilten Beobachtungen aus den drei ersten Decennien des jetzigen Jahrhunderts nach den Monaten geordnet, so geben sie folgende Uebersicht.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1802	1	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0
1804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
1805	1	1	1	0	2	0	0	1	2	3	6	1
1806	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1807	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1814	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1816	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1817	0	5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
1818	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1819	0	9	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1
1820	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1822	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1825	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	3	0
1826	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1827	3	1	0	0	0	0	0	3	3	4	0	1
1828	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2
1829	1	1	1	1	0	0	1	0	3	6	3	2
1830	2	1	1	1	1	0	0	1	3	2	3	4

Nehme ich diese Zusammenstellungen der neuesten Beobachtungen zu denjenigen hinzu, welche BERTHOLON<sup>1</sup> mitgetheilt hat, so giebt dieses die nachfolgende Tabelle.

Beobacht.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Kirch	6	10	17	12	3	1	3	4	10	25	12	3
Lond.Soc.	10	12	32	15	3	1	3	8	24	45	20	29
Celsus	40	44	57	25	11	1	2	23	42	57	46	36
Short	8	6	17	11	1	0	2	9	19	32	14	8
De l'Isle	9	20	40	22	3	0	1	16	42	43	24	13
Kraft	5	28	19	6	1	0	0	12	30	23	8	11
Beccari	4	9	21	5	3	4	6	7	7	12	3	7
Wejdler	8	12	13	7	3	0	2	11	8	16	5	6
Mairan	21	27	22	12	1	5	7	9	34	50	26	15
Mussch.	49	47	92	103	110	34	37	59	64	74	47	34
Eisenlohr	2	9	13	15	8	2	5	11	6	8	5	3
Neueste	13	10	8	6	3	0	2	8	16	25	18	13
Summa	175	234	351	239	150	48	70	177	302	410	228	178

1 Encyclop. meth. Part. Phys. T. I. Art. Aurore bor.

Die hier mitgetheilten Thatsachen<sup>1</sup> scheinen mir zahlreich genug zu seyn, um die zunächst sich darbietenden Folgerungen darauf zu gründen, nämlich zuerst, daß bei einer längeren Reihe von Jahren kein Monat ganz ohne Nordlichter bleibt; zweitens, daß HANSTREEM vollkommen Recht hat, wenn er die zahlreichste Menge derselben in die Zeiten der Nachtgleichen setzt; drittens möchte ich dann hinzusetzen, daß ihre Zahl im Winter noch etwas größer als im Sommer ist. Nehmen wir nämlich von den beiden Wintermonaten December und Januar das Mittel zu 176 an und von den beiden Sommermonaten Juni und Juli zu 60 und berechnen wir die letztere Zahl im Verhältniß der Längen der Nächte, also für etwa den 52sten Breitengrad mit 16:6, so giebt dieses 160 und bleibt also hinter 176 noch etwas zurück. Es kommt dann zwar noch einiger Einfluß der Dämmerung hinzu, allein dieser wird genügend dadurch aufgewogen, daß sich die angegebene Tagslänge sehr bald, und zwar in beiden Extremen zum Vortheile der Sommerbeobachtungen, vom Maximo entfernt. Inzwischen ist die letztere Folgerung keineswegs mit gleicher Sicherheit begründet, als die beiden ersteren. Hiernach zeigt sich dann auch die mehrfach geäußerte Behauptung<sup>2</sup>, daß die Zahl der Nordlichter größer sey, wenn das Eis als elektrischer Nichtleiter das Meer bedecke, als unzulässig, gegen welche noch DE LA PUYE<sup>3</sup> die Erfahrung anführt, daß die Nordlichter seit 1816, als sich das Eis an Grönlands Küsten löste, häufiger wurden.

Die Nordlichter zeigen sich in der Regel bei Nacht und dieses ist so sehr im Allgemeinen der Fall, daß das Gegentheil hiervon als seltene Ausnahme besonders aufgesucht werden muß. So berichtet unter andern der fleißige Beobachter F. C. MAIER<sup>4</sup> in Petersburg, daß er nie bei Tage eins gesehen habe. In älteren Berichten<sup>5</sup> wird angegeben, daß sie nicht bloß zuweilen

1 Absichtlich habe ich bei der Tabelle die Beobachtungen aus Nordamerica, die aus Finnmarken u. s. w. weggelassen, auch von den vielen im Herbste 1830 gesehenen nur die namentlich bekannt gewordenen aufgenommen, weil sonst das Resultat minder richtig geworden wäre.

2 Bulletin universel. Part. de Math. et Phys. 1825. Juin.

3 Mém. de la Soc. Linnéenne. T. IV. p. 462.

4 Comm. Soc. Pet. T. I. p. 315.

5 SZENTORIUS diss. de aur. bor. Heid. 1760. p. 7. Interdum tribus pluribusque noctibus apparet.



eine ganze Nacht dauern, sondern auch in mehreren Nächten nach einander wiederkehren; auch erzählt MUSSCHENBROEK<sup>1</sup>, daß er 1735 ein Nordlicht gesehen habe, welches vom 22. bis 31. März dauerte, allein es scheint hierin bloß gesagt zu werden, daß sie sich in jeder Nacht aufs Neue wieder entzündeten. Es giebt indeß Beispiele, daß man ihren leuchtenden Schein und ihre Wirkungen z. B. auf die Magnetnadel auch am Tage wahrnahm<sup>2</sup>, und namentlich will man am 9. Sept. 1827 in England nach vorausgegangenem Regen um Mittag einen 20° hohen Nordlichtbogen und leuchtende aus ihm aufsteigende Säulen an einem klar gewordenen Theile des Himmels gesehen haben<sup>3</sup>. Am meisten entscheidend sind jedoch die Resultate der Beobachtungen an solchen Orten, wo man die Nordlichter nicht bloß in weit größerer Menge wahrnimmt, sondern wo sie ganz eigentlich einheimisch zu seyn scheinen. So sagt unter andern HOOD<sup>4</sup>, daß das von ihm am 8. März 1820 um 5 Uhr 30 Min. Abends gleich nach Sonnenuntergang gesehene Nordlicht unter allen am frühesten beobachtet wurde, denn obgleich sie im Winter schon um 3 Uhr der Dunkelheit wegen leicht gesehen werden konnten, so zeigten sie sich doch selten vor 7 Uhr, auch deuteten die Bewegungen der Magnetnadel am Tage zuweilen auf ihr Vorhandenseyn, aber es gehörte dieses immer unter die Seltenheiten. Auch RICHARDSON<sup>5</sup> nennt eben dieses Nordlicht vom 8. März als das am frühesten beobachtete und meint, zum Erscheinen dieser Meteore müsse die Atmosphäre erst nach Sonnenuntergang die erforderliche Disposition annehmen. Unter den zu Fort Franklin und in dessen Umgebung, so wie am Bärensee gesehenen Nordlichtern zeigten sich nur wenige deutlich vor dem Verschwinden des Tagslichtes und FRANKLIN<sup>6</sup> ist daher der Meinung, daß sie nur der Nacht angehören, obgleich man häufig am Tage schon diejenigen Wol-

1 Introd. §. 2496. A Martii 22 ad 31 perstitisse. Ebendieses sagt Bertholon in Encyclop. meth. I. 347., nämlich daß das Nordlicht mehrere Tage und Nächte anhaltend dauerte.

2 Allgem. Kunst- u. Letter-Bode. 1822, T. II. Nr. 27.

3 Ann. Ch. et Phys. XXXIX, p. 414. aus Journ. of the Roy. Inst. 1828. Jan. p. 429.

4 Narrative of a Journey cet. p. 583.

5 Ebend. p. 599.

6 Narrative of a Second Expedition cet. App. VII.

ken wahrnehme, aus denen sie gebildet würden. THIENEMANN<sup>1</sup> dagegen behauptet zwar, das Nordlicht sey weder an die Wintermonate noch an die Nacht gebunden und seine Sichtbarkeit allein sey durch die Abwesenheit des Sonnenlichtes bedingt; aber die meisten von ihm beschriebenen kamen erst einige Zeit nach Sonnenuntergang zum Vorschein und verschwanden noch vor Anbruch des Morgens. Vorzüglich wichtig scheint mir dagegen das Zeugniß von KEILHAU<sup>2</sup> über seine Beobachtungen in Finnmarken, daß nämlich dort die Nordlichter in der Regel zwischen 7 bis 10 Uhr Abends anfangen und noch vor Mitternacht beendigt waren; später als bis 4 Uhr Morgens sah er keins. Wir müssen hiernach also das Nordlicht als ein der Nacht, und zwar ihrer ersten Hälfte, wo nicht ganz ausschliesslich, doch nur mit wenigen Ausnahmen zugehöriges Phänomen betrachten.

#### b) Ort der Nordlichter.

Der Name selbst weist zwar diesen Meteoren den Norden als ihren eigenthümlichen Ort an, allein dieser Ausdruck erhielt seinen Ursprung in Frankreich und es ist daher immerhin fraglich, ob er noch paßlich bleibt, wenn man dem Norden oder dem Nordpole stets näher kommt. Für eine befriedigende Beantwortung der Frage über den eigentlichen Ort der Nordlichter muß daher untersucht werden, wo sie sich überhaupt und wo sie in geringerer oder größerer Menge sich zeigen, auch kommt dabei die Weltgegend, wohin sie gerichtet sind, zugleich sehr in Betrachtung. Ich werde die Resultate der Beobachtungen hierüber zusammenstellen, dabei aber das Verhältniß ihrer Richtung zu der des magnetischen Meridians nicht eigentlich berücksichtigen, weil dieses einer nähern und speciellern Untersuchung bedarf.

Aus den zahlreichen Nachrichten über die nördlichen Polarlichter ergibt sich, daß sie vom Aequator an bis zur Grenze der gemäßigten Zone gar nicht gesehen werden, und überhaupt scheinen sie in Europa nicht tiefer als bis zum 37sten Breitengrade herabzugehen, woselbst in Portugal das große Nordlicht vom 19. Oct. 1726 nach MAIRAN beobachtet wurde. Könnte

1 G. LXXVI. 63.

2 G. XC. 620.

man übrigens den Angaben darüber volles Vertrauen schenken, so wäre das durch GASSENDI beobachtete grofse Nordlicht vom 12. Sept. 1621 nicht blofs, in ganz Frankreich, sondern auch in Italien und selbst zu Aleppo in Syrien gesehen worden<sup>1</sup>. Im Allgemeinen sind sie dann unter niederen Breiten seltener und nehmen an Menge zu, so wie man weiter nördlich kommt. In Italien sind sie daher schon selten und werden vor 1722 von dort aus in neueren Zeiten gar nicht erwähnt, jedoch wurde das grofse von 1726 zu Rom und Padua gesehen, POLENI, BSELLINI, BALDINI und ZANOTTI beobachteten das von 1737 mit grofser Aufmerksamkeit<sup>2</sup>, POLENI das vom 29. März 1739 zu Padua<sup>3</sup>; auch blieb das am 22. Sept. 1749 zu Rom gesehene nicht unbeachtet<sup>4</sup>. Inzwischen scheint es mir überflüssig, mehrere dort beobachtete aufzuzählen, da es dennoch aus den Beobachtungen in jener an diesen Phänomenen so reichen Periode eben so unverkennbar als aus denen in der jüngsten Zeit hervorgeht, dafs die Nordlichter dort auf jeden Fall unter die Seltenheiten gehören. In der Schweiz, dem südlichen Frankreich und selbst im südlichen Deutschland sind sie seltener als in Holland, nehmen bedeutend an Menge zu in England, Schottland und Irland, desgleichen in Stockholm, weniger in Petersburg. Nehmen wir also vorerst Rücksicht auf die Gegenden, welche etwa den Meridianen von Paris und Stockholm nahe liegen, so wächst ihre Zahl auffallend bis mindestens zum 65sten oder 66sten Breitengrade. CELSIUS<sup>5</sup> sammelte Nachrichten von 316 seit dem Jahre 1716 in Schweden beobachteten Nordlichtern. EGEDE und CRANZ erzählen, dafs sie in Grönland sich täglich zu entzünden pflegen<sup>6</sup>, eben dieses berichtet ANDERSON<sup>7</sup>, THIERNEWMANN sah sie häufig auf Island und HENDERSON berichtet, dafs er sie dort in jeder hellen Nacht gesehen habe. Schon auf den Shetlands-Inseln, wo sie *merry dancers* heifsen, ein Ausdruck, welchen KENDAL<sup>8</sup> von der schnellen Be-

1 Encyclop. meth. T. I. p. 358.

2 Musschenbroek Ist. §. 2489.

3 Comm. Pet. VIII. 440.

4 Nov. Comm. Soc. Pet. IV. 483.

5 Observat. de lumine boreali. Norimb. 1733.

6 Vergl. SCARREY Account cet. T. I. p. 418.

7 Hist. nat. de l'Islande, du Grönland cet. T. I. p. 229.

8 Quarterly Journ. of Science N. Ser. IV. 395.

wegung, den vielfachen Zuckungen in den Strahlen, namentlich die nach dem Zenith hin aufschiefsen, ableitet, sind sie sehr häufig und gehören unter die ganz gewöhnlichen, den Landleuten allgemein wohlbekannten Erscheinungen<sup>1</sup>. Nimmt man zu diesen Aussagen diejenigen Nachrichten, welche SCOKESBY, PARRY und andere über die Gegenden von Spitzbergen mitgetheilt haben, so muß es auffallen, wenn GISEKE<sup>2</sup> berichtet, daß sie mit größerer Annäherung zum Pole wieder abnehmen, und L. v. BYRN<sup>3</sup> namentlich über Ledingen jenseit des Polarkreises sagt, daß sie dort schon unter die Seltenheiten gehören und nicht näher erscheinen, als in Bergen und Schottland. Inzwischen sind diese Autoritäten sehr gewichtig und es würde aus ihnen folgen, daß ihr Hauptsitz etwa zwischen dem 60sten bis 66sten Breitengrade in jenen Gegenden anzunehmen sey, was mit anderweitigen Untersuchungen keineswegs so sehr im Widerspruche steht.

Richten wir nämlich unser Augenmerk auf diejenigen Länder, welche etwa unter dem durch den magnetischen Nordpol gehenden Meridiane liegen, so ist nicht zu verkennen, daß die Nordlichter in Nordamerica weit zahlreicher sind und mit Rücksicht auf die Breitenverhältnisse ungleich tiefer herabgehen, als in Europa und selbst auch in Asien, ein Satz, dessen Beweis wir nicht einmal schwierig zu seyn scheint. Schon MIDDLETON<sup>4</sup>, ELLIS<sup>5</sup> und insbesondere CALM<sup>6</sup> reden von den häufigen Nordlichtern in Nordamerica und namentlich giebt Letzterer ein langes Register von den vielen, die von 1730 bis 1750 in Philadelphia unter dem 40sten Grade N. B. gesehen wurden. Auch DE LA PILAYE<sup>7</sup> berichtet von seinem Aufenthalte in Terre Neuve unter 47° bis 50° N. B., daß die Nordlichter sich dort fast täglich entzünden, im Winter jedoch mehr als im Sommer, sich im Norden zeigen und aus einem Bogen bestehen, welcher von O. nach W. geht, Nach der oben be-

---

1 Rees Cyclopaedia. T. III. Art. Aurora.

2 Brugnattelli Giornale 1818. p. 163.

3 Reisen Th. I. S. 361.

4 Phil. Trans. Nr. 465.

5 Voyage to Hudsons-Bay oct. p. 172.

6 Schwed. Abhandl. Th. XIV.

7 Mém. de la Soc. Linnéenne. T. IV. p. 462.

reits mitgetheilten Zusammenstellung von ARAGO<sup>1</sup> wurden im Jahre 1829 in America 22 Nordlichter bekannt, die Summe aller an den verschiedenen Orten Europa's in der nämlichen Periode gesehenen beträgt aber nur 19, und der Unterschied muß so viel auffallender erscheinen, wenn man berücksichtigt, daß ARAGO gewiß kaum zur Kenntniß der Hälfte aller erschienenen gelangen konnte.

Noch mehr Interesse scheint mir diese Untersuchung zu gewinnen, wenn man zugleich die östlich und unter hohen Breiten liegenden Orte berücksichtigt. Ueberblickt man das von BRAUN geordnete Verzeichniß<sup>2</sup> aller von ihm selbst und Gmelin von 1734 bis 1742 in Sibirien gesehenen Nordlichter, so muß man gestehen, daß ihre Zahl für eine an diesen Meteoren so reiche Periode keineswegs groß ist, und auch v. WRANGL sah im Verhältniß der hohen Breite seiner Beobachtungsorte nicht viele; alle aber erwähnen, daß sie dieselben nur im Norden sahen. PATRIK, welcher 9 Winter in verschiedenen Gegenden des nördlichen Asiens verweilte, sah die Nordlichter zwar häufig, aber nicht in solcher Menge, als sie z. B. in Island beobachtet werden, und stets nur als einen im Norden sich erhebenden weißen Lichtschein, welcher allmählig höher hinaufstieg, dabei röthlicher wurde, und erst, nachdem er eine bedeutende Höhe erreicht hatte, schossen Strahlen nach dem Zenith hin, worauf dann die ganze nördliche Hemisphäre mit rothem Lichte erfüllt schien. Oft zeigte es sich auch als Lichtbogen, aber nur von 10 bis 15 Grad Höhe über dem Horizonte<sup>3</sup>. Einige Schwierigkeiten stehen der Begründung allgemeiner Gesetze durch unzweifelhafte Thatsachen allezeit entgegen, wenn keine genau correspondirenden Beobachtungen vorhanden sind, inzwischen läßt eine vielseitige Zusammenstellung doch keine bedeutenden Zweifel zurück, Vergleicht man unter andern die Zahl der oben angegebenen Beobachtungen von KRAFT oder DE L'ISLE in Petersburg unter fast 60° N. B. und die des Capt. PARRY auf der Insel Melville unter fast 75° N. B., so werden von letzterem die vom Monate Sept. 1819 bis Aug. 1820 gesehenen aufgezählt, nämlich im Sept. 1, im Oct. 2, im

1 Ann. Ch. Phys. T. XLV. p. 403.

2 Nov. Act. Soc. Pet. VI. 425. ff. u. XI. 320.

3 Bibl. Brit. XLV. 89. Daraus in G. XXXVII. 310.

Nov. 7, im Dec. 4, im Jan. 3, im Febr. 4, im März 2 und in den folgenden Monaten keins, im Ganzen also 21. Diese Zahl bleibt zwar hinter den Mengen derer zurück, welche in den reichsten Jahren in Petersburg gesehen wurden, übertrifft aber nicht bloß die mittlere der daselbst gesehenen, sondern auch sehr bedeutend die der gleichzeitig dort beobachteten. Allerdings waren die Nächte auf der Insel Melville länger, auch darf die Wachsamkeit der unbeschäftigten, auf einem Schiffe zusammengedrängten Mannschaft in Anschlag gebracht werden; allein dessen ungeachtet muß man zugestehen, daß sie dort noch zahlreicher waren.

Hierbei darf vor allen Dingen nicht unbeachtet bleiben, daß alle von PARRY unter  $75^{\circ}$  N. B. gesehene Nordlichter im Süden standen; das erste aber, welches dieser kühne Seefahrer<sup>1</sup> auf seiner Rückkehr am 12. Sept. an der Westküste der Baffinsbay unter  $68^{\circ} 15'$  N. B. beobachtete, nahm etwa 12 Striche<sup>2</sup> oder 155 Grade von S. O. b. O. bis W. b. N. ein, stand also gleichfalls noch südlich. Am 2ten und 3ten wird dasselbe abermals erwähnt, mit dem Zusatze, daß es während der Fahrt durch das atlantische Meer fast alle Nächte erhellte, am 2ten keine bestimmte Gestalt hatte und in allen Himmelsgegenden, hauptsächlich aber im Süden sichtbar wurde, am 3ten aber von O. N. O. durch S. bis W. b. N. sich verbreitete. Endlich, nachdem das Schiff am 11. Oct. unter  $61^{\circ} 11'$  N. B. gewesen war, wird am 13. zum letzten Male ein Nordlicht erwähnt, dessen Hauptbogen von O. N. O. nordwestlich vom Zenith nach W. b. S. herabging. Hiernach ist es also klar, daß PARRY den eigentlichen Strich der Nordlichter durchschnitten hat. Dieses stimmt genau mit ROBERTSON'S Beobachtungen auf der ersten Entdeckungsreise des Capt. Ross überein<sup>3</sup>. Hier zeigte sich am 23. Sept. 1818 unter  $66^{\circ} 30'$  N. B. und  $59^{\circ}$  W. L. von Greenwich das Nordlicht im wahren Süden und erstreckte sich nach S. O.; am 28. Sept. unter  $65^{\circ} 5'$  N. B. und  $61^{\circ}$  W. L. sehr glänzend von S. b. O. nach S. b. W., am folgenden Tage ebendasselbst von S. W. nach S. O., am 1. Oct. unter  $62^{\circ} 30'$

1 PARRY'S zweite Reise u. s. w. S. 486.

2 Jeden zu 11,25 Graden. S. dieses Wörterb. Bd. II. S. 182.

3 JOHN ROSS Entdeckungsreise u. s. w. übersetzt von NAMMICH. Leipz. 1820. 4. S. 192.

N. B. und  $63^{\circ}$  W. L. von S. S. W. nach S. S. O. und später in einem  $18^{\circ}$  hohen Bogen von S. O. nach N. O. Am 8. Oct. dagegen unter  $59^{\circ}$  N. B. und  $50^{\circ}$  W. L. erschien es von N. b. W. nach W. b. N. und am 17. Oct. endlich unter  $51^{\circ}$  N. B. und  $25^{\circ}$  W. L. zeigte sich der glänzende Bogen entschieden nördlich vom Zenith. Wir haben die Angaben dieser nämlichen Beobachter noch von einem andern Orte, nämlich Port Bowen unter  $73^{\circ} 15'$  N. B., zu berücksichtigen<sup>1</sup>. Dort bestand das Nordlicht meistens aus einem ziemlich zusammenhängenden Bogen, öfter aus einzelnen lichten Theilen desselben, die sich ungefähr von W. nach S. O. erstreckten; zuweilen dehnte es sich mehr aus, nahm aber selten einen Theil des nördlichen Himmels ein. Der nordöstliche Theil des Bogens war der Berge wegen nie genau sichtbar, doch lag eine den Bogen schneidende Ebene mehr im magnetischen als dem astronomischen Meridiane. Die Höhe des oberen Randes überstieg selten 10 oder 15 Grade, zweimal aber kam derselbe ins Zenith und am 28. Jan. 1825 war seine Richtung vom astronomischen N. nach S.

Von sehr großer Bedeutsamkeit ist das Zeugniß FRANKLIN's über seine Beobachtungen an verschiedenen Puncten der nordamerikanischen Küstengegenden. Auf Moose-Deer-Island, unter  $61^{\circ} 18' 8''$  N. B.  $113^{\circ} 51' 35''$  W. L. von G. bei einer östlichen Abweichung der Magnetnadel von  $25^{\circ} 40' 47''$ , sind nach seiner Angabe die Nordlichter zwar nicht selten, aber ihr Leuchten ist bei weitem nicht so glänzend und so wechselnd, als zu Fort Enterprise unter  $64^{\circ} 28'$  N. B.  $113^{\circ} 6'$  W. L. von G. und bei  $36^{\circ} 24' 7''$  östl. Abweichung der Magnetnadel. Sie bewirkten dort außerdem nur eine geringe, 18' nicht übersteigende Veränderung der Magnetnadel. Das Licht erschien in der Regel an der Nordseite des Himmels zwischen dem wahren N. O. und S. W. Puncte<sup>2</sup>, in geringer Höhe über dem Horizonte, und nur viermal erstreckte es sich bis zur südlichen Hälfte des Himmels. Hiernach glaubt er, daß der eigentliche Sitz der Nordlichter dem Pole näher liege, als Moose-Deer-

1 Journal of a third Voyage for the discovery of a North-West Passage &c. Under the orders of Capt. W. E. PARRY. Lond. 1826. 4. p. 59.

2 Ich lasse diesen Mangel an Uebereinstimmung mit der magnetischen Richtung der Nordlichter einstweilen unberücksichtigt.

Island, ja er ist geneigt anzunehmen, daß derselbe genau zwischen  $64^{\circ}$  und  $65^{\circ}$  N. B. in der Gegend von Fort Enterprise liege, wo man sie daher am besten müsse beobachten können<sup>1</sup>. Allerdings haben die dortigen Beobachtungen viel zu ihrer Aufklärung beigetragen, allein die Nordlichter wurden daselbst gleichfalls noch in nördlicher Richtung gesehen. Noch sicherer war Letzteres der Fall im nördlichen Sibirien unter ungefähr gleich hohen und selbst höheren Breiten. Der Baron v. WRANGEL<sup>2</sup> sah sie nämlich stets in nördlicher Richtung und glaubt zugleich, daß die Küsten der See nicht ganz ohne Einfluß dabei sind, indem die Nordlichter sich auf der Insel Kolutschina unter  $67^{\circ} 26'$  N. B. zahlreicher und glänzender zeigen sollen, als in Nischne-Kolymsk unter  $68^{\circ} 32'$ , wie sie denn überhaupt mehr landeinwärts seltener werden, ...

Alle bisher hierüber mitgetheilte Beobachtungen sind auf kurze Zeiträume beschränkt und fallen in die Periode, welche unter niederen Breiten nur sparsam die Phänomene der Nord-scheine darbot. Berücksichtigt man zugleich solche Beobachtungserien, welche in längeren Zeiträumen anhaltend angestellt wurden, so stellt sich zwar die Regel gleichfalls heraus, allein man stößt zugleich auf manche beachtenswerthe Ausnahmen. Nach HENRIKSSON<sup>3</sup> sieht man die Nordlichter in Island unter etwa  $63^{\circ}$  bis  $65^{\circ}$  N. B. in der Regel in nördlicher Richtung, jedoch selten und weniger glänzend auch in südlicher. Am häufigsten erschienen dieselben in nordöstlicher Richtung, von wo sie nach S. W. zu ziehen pflegten; auf jeden Fall waren sie in S. O. am stärksten und man durfte sie dort am sichersten erwarten. MAURELUS sah sie in der Gegend von Torneä unter  $66^{\circ} 30'$  noch meistens im Norden, zuweilen aber gleichfalls in südlicher Richtung; GRISCHOW wurde in große Verwunderung versetzt, als er am 6. und 7. Nov. 1751 zu Petersburg unter  $59^{\circ} 56'$  N. B. einen Nordlichtbogen im Süden ungefähr von gleicher Höhe, als dieser an der nördlichen Hemisphäre zu haben pflegt, wahrnahm<sup>4</sup>, weswegen er auch das ganze Phänomen unpassend ein *Südlicht* nennt. Ebenda-

1 Narrative of a Journey etc. p. 553.

2 Physikalische Beobachtungen u. s. w., S. 58.

3 Iceland. Edinb. 1819. p. 277.

4 Nov. Comm. Soc. Pet. IV. 474.



selbst beobachtete LOMONOSOW<sup>1</sup> gleichzeitig einen Bogen im Norden und einen andern im Süden, KRAFT<sup>2</sup> aber theilt die ausführliche Beschreibung eines am 17. Febr. 1778 im Süden gesehenen und daher auch Südlicht von ihm genannten Meteors mit, welches eine ganze Stunde dauerte, das dunkle Segment und einen leuchtenden Bogen hatte, aus welchem Strahlen bis zu 60° Höhe nach dem Zenith emporschossen. BRAUN und GÄRLIN<sup>3</sup> sahen in Sibirien an verschiedenen Orten, namentlich zu Kirenskoi-Ostrog unter 58° N. B. und zu Jeniseisk unter 58° 30' N. B. diese Meteore allezeit im Norden, indem der Bogen gewöhnlich von N. N. O. nach N. N. W. lief, und nur einmal, nämlich am 2. März 1739, erschien es im Süden, ging aber dann dennoch durch O. und blieb in N. Die in Stockholm unter 59° 20' N. B., in Petersburg unter 59° 57' N. B. und selbst in Åbo unter 60° 27' N. B. erscheinenden Nordlichter stehen zwar der Regel nach sämmtlich im Norden, allein ihre Bögen und hauptsächlich ihre Kronen gehen nach BERGMANN<sup>4</sup> meistens über das Zenith südlich hinaus. Selbst das neueste Nordlicht vom 7. Jan. 1831 überschritt schon in Christiansand unter 58° 12' N. B. das Zenith, indem sein Hauptbogen nach HANSTEN'S<sup>5</sup> Messungen 11° 45' südlich vom Zenith stand. Merkwürdiger ist die Beobachtung von CLEVELAND<sup>6</sup>, welcher zu New-Brunswick unter etwa 47° N. B. am 25. Sept. 1827 einen sehr hellen Nordlichtbogen im Süden und zwar nur vom 35° Höhe sah, ja sogar zu Schenectadi unter weniger als 43° N. B., mithin südlicher als Ancona, wurde am 19. Dec. 1829 der Nordlichtbogen abwechselnd bald im Süden, bald im Norden gesehen<sup>7</sup>. Endlich kann ich noch hinzufügen, daß CRAMER zu Genf, LAVAL in Marseille unter 43° 17' 48" N. B. und BOUILLET zu Bezières am 15. Febr. 1730 einen vollkommen ausgebildeten Nordlichtbogen im Süden sahen<sup>8</sup>.

Es scheint, als müsse zur Entscheidung der vorliegenden

1 Solemnia anni 1758. p. 40.

2 Acta Soc. Pet. T. II. P. 1. p. 45.

3 Nov. Comm. Pet. VI. 449. u. 458.

4 Schwed. Abhandl. XXVI. 257.

5 Poggendorff's Ann. XXII. 483.

6 Ann. Ch. et Phys. XXXIX. 415.

7 Ebend. XLV. 409.

8 Hist. de l'Acad. 1730. p. 8.

Frage vor allen Dingen die Höhe der Nordlichtbögen, welche sie an den verschiedenen Orten erreichen, von vorzüglichem Gewichte seyn; allein die Untersuchung dieser Aufgabe führt sehr bald zu dem Resultate, daß diese nicht bloß bei verschiedenen Nordlichtern, sondern auch bei einem und ebendemselben sehr ungleich und in einem bedeutenden Grade wechselnd ist, mithin als Entscheidungsgrund von so großer Wichtigkeit nicht seyn kann. Fassen wir dagegen die reiche Menge der bisher mitgetheilten Thatsachen zusammen, berücksichtigen wir namentlich die Ergebnisse der neuesten Reisen im hohen Norden mit einem Blicke auf die Charte, welche die Polarzone darstellt<sup>1</sup>, erwägen wir unter andern namentlich, daß PARRY auf seiner Fahrt durch die nach ihm benannte Straße und die Baffinsbai die gewöhnlichen täglichen Nordlichter zuerst in südlicher Richtung und nachher in nördlicher sah, die eigentliche Linie derselben also etwa unter  $60^{\circ}$  N. B. durchschnitt, v. WRANGEL dagegen unter etwa  $68^{\circ}$  N. B. und  $165^{\circ}$  W. L. von Greenwich diese Meteore stets im Norden sah, und selbst die Berichte anderer Reisenden, namentlich des Capt. ANROU, welcher in den Jahren 1821, 22 und 23 die Küsten und Inseln zwischen  $160^{\circ}$  und  $130^{\circ}$  O. L. von Greenwich vom 71sten bis über den 76sten Grad N. B. untersuchte<sup>2</sup>, nur von eigentlichen im Norden gesehenen Polarlichtern reden, so läßt sich mit Vermeidung von Phantasiebildern die wichtige Frage über den eigentlichen Ort der Nordlichter ziemlich genügend beantworten. Alles zusammengenommen würde ich nämlich schließen: die eigentliche Linie der in der Regel täglich sich entzündenden Nordlichter, abgesehen von speciellen örtlichen Einflüssen, die ich vor der Hand noch nicht anzugeben vermag, fängt in etwa  $90^{\circ}$  W. L. von Greenwich unter  $60^{\circ}$  N. B. an, läuft mit allmählig wachsender nördlicher Breite durch die Baffinsbai, die Spitze von Grönland, über Island und die nördlichen Theile von Spitzbergen bis etwa zum 40sten Grade O. L. von Greenwich, wo sie ihren höchsten nördlichen Punct erreicht, kehrt dann langsam abnehmend durch das sibirische Eismeer und oberhalb der Behringsstraße allmählig zu ihrem Anfangspuncte

---

1 S. dieses Wörterb. Bd. I. Tab. V.

2 Vergl. die lehrreiche Charte in v. Wrangel's Physikal. Beobachtungen u. s. w.

zurück. Es trifft also mit andern auf den tellurischen Magnetismus bezüglichen Eigenschaften der Nordlichter zusammen, daß ihre Hauptplätze oder Hauptsitze die beiden magnetischen Pole der Erde umlagern. Auf dieser ihrer eigentlichen Linie sind sie allerdings am zahlreichsten, aber es folgt daraus nicht, daß sie dort zugleich am hellsten und glänzendsten seyn müssen, womit mir die Erfahrung zu harmoniren scheint. Von dieser Linie aus verbreiten sie sich nach niederen und höheren Breiten, im Allgemeinen möchte ich annehmen bis zu 10 Breitengraden mit abnehmender Menge. Wie weit sie herabwärts in außerordentlichen Fällen steigen, ist oben durch einige Beispiele angedeutet worden, in Beziehung auf die höheren Breiten aber fehlen uns die erforderlichen Nachrichten, inzwischen glaube ich aus theoretischen Gründen, und so weit die mangelhaften Erfahrungen ein Urtheil hierüber zulassen, annehmen zu dürfen, daß sie nach höheren Breiten hin minder zahlreich werden und mitten zwischen beiden magnetischen Polen gänzlich fehlen. Uebrigens folgt keineswegs, daß jedes derselben einen Theil dieser Zone nach ihrer ganzen Breite einnimmt, vielmehr erscheinen sie sowohl unterhalb als auch oberhalb der angegebenen Linie von sehr ungleicher Ausdehnung nach der Länge und auch nach der Breite.

### c) Höhe der Nordlichter.

Die Frage, welche Höhe die Nordlichter erreichen, hat von jeher großes Interesse erregt, aber ihrer Beantwortung stehen so viele und große Schwierigkeiten entgegen, daß die darauf verwandten vielfachen Bemühungen bis jetzt noch zu keinem genügenden Resultate geführt haben. Das Nordlicht erscheint zuweilen als ein bloßer dämmerungsartiger Lichtschein an irgend einer Gegend über dem Horizonte, erreicht als solcher eine ungleiche Höhe und erleuchtet nicht selten einen kleineren oder größeren Theil der Himmelshalbkugel mit mehr oder weniger intensivem Lichte. In allen diesen Fällen, wenn keine eigentliche Begrenzung stattfindet, kann von keiner Höhenbestimmung überall die Rede seyn, und diese ist nur dann möglich, wenn ein dunkles Segment über dem Horizonte durch einen ziemlich scharf begrenzten Lichtbogen umgeben ist, oder wenn ein solcher meistens mit beiden Schenkeln auf dem Horizonte ruhend frei am Firmamente steht. Dürfte dieser dann als

ein frei schwebendes Meteor betrachtet werden und ließe sich somit seine scheinbare Höhe aus zwei hinlänglich entfernten Standpuncten messen, so ergäbe der parallaktische Winkel mit der Grundlinie die absolute Höhe desselben auf die bekannte Weise genau. Das Vorhandenseyn eines solchen Lichtbogens mit hinlänglich scharfer Begrenzung wird zwar oft erwähnt, aber in sehr vielen Fällen ist nicht bloß von einem, sondern von zwei und selbst von mehreren solchen Lichtbögen die Rede, und, was dabei am meisten auffallen muß, es werden nicht selten bei einem und demselben Nordlichte an einigen Orten nur ein einziger, an andern dagegen mehrere Bögen gesehen, wie schon von selbst aus den Angaben der zwei- und vielfachen beobachteten Lichtbögen hervorgeht. Schon KIRCH<sup>1</sup> sah im Jahr 1707 zu Berlin zwei concentrische Bögen; MAIRAN erwähnt, daß zuweilen zwei oder auch drei concentrische Bögen sichtbar sind; POLENIUS<sup>2</sup> nahm 1737 zwei und auch einen dritten, aber minder vollkommenen Bogen wahr; BERGMANN<sup>3</sup> sagt ausdrücklich, daß sich manchmal zwei, selten drei ordentliche und concentrische Bögen zeigen, wie er als Augenzeuge berichten müsse, obgleich er diese Thatsache nur mit Mühe seinen Ansichten anzupassen vermöge; GALBERT<sup>4</sup> sah am 22. Octbr. 1804 zwei concentrische Bögen und einen dunkeln Zwischenraum zwischen beiden, durch welchen ein Stern 3ter Größe hell zu sehen war; POTTER<sup>5</sup> sah am 25. Dec. 1830 deutlich zwei Bögen und zu New-York wurden am 28. Aug. 1829 zwei concentrische, wenig von einander abstehende Bögen wahrgenommen<sup>6</sup>; HOOD und RICHARDSON sahen zu Cumberland-House am 7. April 1819 beide gleichzeitig zwei concentrische Bögen<sup>7</sup>, ja ersterer behauptet im Allgemeinen, die Zahl der Bögen übersteige selten fünf, sey aber auch selten nur auf einen beschränkt, und versichert, daß er oft drei concentrische Bögen nahe am nördlichen Horizonte gesehen habe, deren einer Strahlen schoß und farbig war, die beiden andern aber gleich-

1 Mém. de Berlin. 1707. p. 11.

2 Sopra l'Aurora boreale. Vergl. Miscell. Berol. T. I. p. 132.

3 Schwed. Abh. Th. XXVI. S. 266.

4 Ann. der Phys. XVIII. S. 155.

5 Edinb. Journ. of Sc. N. S. No. IX. p. 29.

6 Ann. Ch. Phys. XXXIX. p. 413.

7 Narrative of a Journey etc. p. 539. u. 542.

artig und von schwachem Lichte; überhaupt erwähnt FRANKLIN<sup>1</sup> in der Liste der von ihm zu Fort Enterprise gesehenen Nordlichter so oft die Anwesenheit von zwei und mehr concentrischen Bögen, daß diese Thatsache unmöglich irgend einem gegründeten Zweifel unterliegen kann. In einer ganz andern nördlichen Gegend, nämlich in Finmarken, beobachtete KEILHAU<sup>2</sup> viele Nordlichter und sagt, daß meistens über oder unter dem Hauptbogen noch ein oder mehrere concentrische gebildet werden. Selbst bei dem neuesten Nordlichte am 7. Jan. 1831 beobachtete SEXFF die Bildung eines zweiten Bogens, welcher in Colberg, in Berlin durch POGGENDORFF und KLÜDER, in Elberfeld durch EERN, in Utrecht durch VAN MOLL, in Gosport durch BURNKY, in Woolwich durch STURGEON gesehen wurde, in Paris aber sah PERKÉ sogar drei concentrische Bögen<sup>3</sup>, welche auch in Wien vorhanden waren, obgleich sie nicht ganz zur Vollständigkeit gelangten<sup>4</sup>. So lange es hiernach also ungewiß bleibt oder sogar unwahrscheinlich wird, daß alle Beobachter gleichzeitig den nämlichen, mithin auch die nämlichen Lichtbögen sehen, kann eine Messung aus dem parallaktischen Winkel derselben gar kein Vertrauen einflößen.

In Beziehung auf diese Nordlichtbögen ist noch Folgendes zu bemerken. Meistentheils haben dieselben die Form des Kreises und werden auch in der Regel als kreisförmig betrachtet; inzwischen kann der gesehene Theil des Bogens schon nach optischen Gesetzen leicht eine hiervon etwas abweichende Gestalt annehmen und diese wird zuweilen die elliptische genannt. So sagt HANSTEEN<sup>5</sup>: „die Erfahrung zeigt, daß der Nordlichtbogen ein Theil eines ganzen leuchtenden Kreises ist, welcher in einer gewissen Höhe über der Oberfläche der Erde schwebt; denn hier in unsern hohen nördlichen Breiten sehen wir ihn bisweilen, wenn seine lothrechte Höhe über der Oberfläche der Erde groß, sein Durchmesser aber klein ist, etliche Grade über dem nördlichen Horizonte in der Gestalt einer *ganzen sehr excentrischen Ellipse*.“ Auch MAUFERTUIS<sup>6</sup> und seine Begleiter

1 Ebend. p. 554.

2 G. XC. 619.

3 Poggendorff Ann. XXII. 439 u. 466.

4 Wiener Zeitschrift. Th. IX. S. 213.

5 Poggendorff Ann. XXII. 483.

6 Encyclop. meth. Part. Phys. T. I. p. 369.

sahen unter ungefähr  $54^{\circ},5$  N. B. einen elliptischen Bogen, und MOROZZO<sup>1</sup> berichtet, daß das von ihm zu Turin am 29. Febr. 1780 gesehene Nordlicht aus einem elliptischen Bogen mit verticaler Axe bestanden habe, RICHARDSON<sup>2</sup>, aber, obgleich nach DALTON's Angabe geneigt, die Bögen stets für kreisförmig zu halten, sagt ausdrücklich, er habe sich durch den Augenschein überzeugt, er sey nicht jederzeit ein Kreissegment, selbst wenn er zum Zenith hinaufsteige, sondern nehme zuweilen eine elliptische oder sonstige Gestalt an. Auch MAUPERTUIS in seiner oben mitgetheilten Beschreibung der unter dem Polarkreise gesehenen Nordlichter sagt ausdrücklich, daß die Bögen häufig die Gestalt einer Ellipse annehmen, deren größter Theil über dem Horizonte sichtbar wird, und auch PARRY erwähnt, die Schenkel des Bogens bei dem größten von ihm gesehenen Nordlichte hätten sich etwas gebogen, so daß eine etwas über den Horizont sich erhebende elliptische Gestalt hervorging. Die Erklärung scheint mir nicht schwierig, wenn man von MOROZZO's Angabe der verticalen Richtung der Axe, als einem abnormen Falle, abstrahirt, denn auch der bewölkte Himmel hat die Gestalt eines gedrückten Gewölbes und aus gleichen Gründen kann der Nordlichtbogen in Folge optischer Täuschung die Form einer Ellipse annehmen, insbesondere wenn die Erleuchtung im Horizonte etwas stark ist.

Ferner aber kommen diese Lichtbögen, weder die einfachen, noch auch die in der Mehrzahl, selten in einem Augenblicke vollständig zum Vorschein, sondern meistens erhebt sich zuerst an einer Seite des Horizontes; zuweilen an zweien gleichzeitig, also in der Regel im Osten und im Westen, eine Lichtsäule, steigt einzeln oder beide steigen gleichzeitig empor und vereinigen sich mit gleichen oder ungleichen Hälften zu einem unvollkommenen Lichtbogen. HOOD<sup>3</sup> sagt daher von seinen zahlreichen Beobachtungen zu Cumberland-House, dem eigentlichen Sitze der Nordlichter, im Allgemeinen: „*The aurora does not always make its first appearance as an arch. It sometimes rises from a confused mass of light in the east or west, and crosses the sky towards the opposite point, exhibiting*

1 Mém. de l'Acad. de Turin. T. II. p. 323.

2 Narrative of a Journey etc. p. 597.

3 Ebend. p. 542.

*wreath of beams or coronae boreales in its way.*“ Der Lichtbogen kommt jedoch nicht allezeit wirklich zu Stande, sondern man gewahrt zuweilen nur die unteren Theile desselben, zuweilen selbst nur einen einzelnen von diesen, woraus mir die Angaben erklärlich werden, daß so oft Nordlichter oder nordlichtartige Lichtscheine in N. O. oder N. W. und, wenn die Beobachter sich unter hohen Breiten befinden, in S. O. oder S. W. gesehen wurden. Vielleicht läßt es sich hierauf zurückführen, wenn MUSSCHENBROEK<sup>1</sup> angiebt, das 1730 gleichzeitig zu Toulouse und Paris gesehene Nordlicht sey ein doppeltes gewesen, weil es am ersteren Orte in W. N. W., am andern in O. N. O. gesehen wurde. Vermuthlich kam nämlich an beiden Orten nur ein Theil des Bogens, und zwar der entgegengesetzte, zum Vorschein, weil der andere sich nicht hoch genug über den Horizont erhob.<sup>2</sup> Solche Stücke unvollendeter Bögen scheinen mir auch die vier Streifen gewesen zu seyn, welche STURGEON<sup>3</sup> am 7. Jan. 1831 vom östlichen Theile des Nordlichts aufschließen sah.

Wenn demnach schon die Mehrzahl der Nordlichtbögen die Messung ihrer Höhe unsicher macht, insofern sogar der eine oder der andere derselben den mehreren Beobachtern durch Wolken verdeckt seyn könnte, so wächst diese Unsicherheit noch mehr durch die Unstetigkeit dieser Lichtbögen, welche fast allezeit in geringerer Höhe über dem Horizonte gebildet werden und sich dann mit ungleicher Geschwindigkeit nach dem Zenith hin und über dasselbe hinaus bewegen. Diese Thatsache, welche mir bei den allgemeinen Beschreibungen der Nordlichter nur wenig beachtet zu seyn scheint, läßt sich durch die gewichtigsten Zeugnisse vollständig beweisen. Schon BERTHOLON<sup>4</sup> erwähnt als ein durch vielfache Beobachtungen ausgemachtes Resultat, daß die Höhe der Bögen von 2° bis 40° verschieden sey und während der Dauer des Phänomens wechsele. Eben dieses sagt FARQUHARSON<sup>5</sup> mit dem Zusatze, daß die Bögen

---

1 Introd. §. 2497. *Tolosae in occasu aetive, Parisiis in ortu aetive.*

2 Vergl. Hist. de l'Acad. 1731.

3 Poggendorff a. a. O. Th. XXII.

4 Encyclop. méth. T. I, p. 369.

5 Edinb. Phil. Journ. N. XVI. p. 309.

sich nicht bloß überhaupt, sondern auch mit wechselnder Geschwindigkeit bewegen, indem ein Bogen zuweilen den Raum von  $45^{\circ}$  über dem nördlichen Horizonte bis  $30^{\circ}$  südlich vom Zenith in 30 Minuten zurücklege, und zwar sey diese Geschwindigkeit bei stark leuchtenden am größten, statt daß man zu andern Zeiten die Bewegung kaum wahrnehmen könne. Eben derselbe<sup>1</sup> beschreibt deutlich das allmälige Aufsteigen und endliche Verschwinden der zwei Bögen des Nordlichts vom 22. Nov. 1825, ja es bildete sich sogar noch ein dritter Bogen, welcher jedoch bald wieder verschwand. Auch am 9. Sept. 1827 waren zwei Bögen deutlich sichtbar, welche beide sich mit der Zeit höher erhoben. FARQUHARSON schließt daher, daß das von DALTON angegebene Verfahren zur Bestimmung der Höhe des Nordlichts unzulässig sey, weil dabei stets nur ein einziger Bogen berücksichtigt werde. Endlich erzählt auch HOOD<sup>2</sup>, daß die niedrigsten von ihm zu Fort Enterprise gesehenen Nordlichtbögen nicht unter  $4^{\circ}$  Höhe hatten, dann aber nach dem Zenith aufstiegen, ja es habe sich nicht selten ereignet, daß ihre Theile sich mit ungleicher Geschwindigkeit bewegten, indem ihre höchsten Punkte zuweilen  $60^{\circ}$  bis  $70^{\circ}$  über das Zenith hinausgingen, ohne daß ihre unteren Enden merklich von der Stelle rückten. Umgekehrt aber kamen zu Cumberland-House die unteren Enden der Nordlichtbögen zweimal bis zum Ost- und West-Puncte des Compasses, während die Scheitel sich nur bis zu  $10^{\circ}$  über den Horizont erhoben. Auf gleiche Weise berichtet LAIDLAW<sup>3</sup> von einem am 5. Oct. 1830 zu Roxburghshire gesehenen Nordlichte, daß sich der Bogen um seine im Horizonte liegende Axe zu drehen schien, und POTTER<sup>4</sup> erhebt diese wachsende Erhebung durch seine Messungen bei dem Nordlichte am 20. Febr. und 25. Dec. 1830 über allen Zweifel. Endlich erwähnen auch COLDSTREAM und FOSCO<sup>5</sup> von dem Bogen des großen Nordlichts am 29. März 1826, daß sie den-

---

1 Phil. Trans. 1829. p. 103 u. 115.

2 Narrative of a Journey oct. p. 580 u. 582.

3 Edinb. Journ. of Sc. New Ser. N. X. p. 252.

4 Ebend. No. IX. p. 25.

5 Ebend. No. IX. p. 190. It soon evinced a decided motion towards the South, and in few minutes reached our zenith ..... the arch continued its motion towards the South and in 15 minutes passed through a space of about 20 degrees.



selben allmählig sich erheben und in ungleichen Zeiten verschiedene Räume durchlaufen sahen, einmal mit solcher Schnelligkeit, daß er während 15 Minuten 20 Grade zurücklegte. Auf jeden Fall geht also aus diesen Thatsachen hervor, daß die Nordlichtbögen keineswegs einen sicheren Anhaltspunct zur Messung ihrer Höhen darbieten, weswegen auch *Musschenbroek*<sup>1</sup> dieselbe als ganz unstatthaft verwirft.

Ogleich also aus diesen und anderweitig leicht sich ergebenden Gründen von den Messungen der Höhen der Nordlichter keine bedeutenden Resultate zu erwarten sind, so möge die Aufgabe selbst hier doch kurz erörtert werden. Allgemein und theoretisch betrachtet begreift dieselbe mehrere Fälle in sich, welche jedoch insgesamt auf folgende zwei Hauptclassen zurückkommen, daß nämlich der zu messende Bogen beiden Beobachtern entweder nach der nämlichen oder nach entgegengesetzten Seiten liegt. Die Fälle der ersteren Classe kommen bei weitem am häufigsten vor und zerfallen wieder in zwei Arten, nämlich daß beide Beobachtungsorte unter demselben oder unter verschiedenen Meridianen liegen, und es kann dieser Meridian zwar ohne sehr bedeutende Unterschiede der astronomische seyn, besser aber ist es auf jeden Fall, den magnetischen zu wählen, weil die Nordlichtbögen auf diesem meistens lothrecht stehen. Am einfachsten ist die Aufgabe, wenn beide Beobachtungsorte an der nämlichen Seite des Nordlichtbogens und auf demselben Meridiane liegen, weil dann die Chorde des zwischenliegenden Bogens der Erde, die man für diesen Fall süglich als Kugel betrachten darf, die Basis eines geradlinigen Dreiecks giebt, worin außer dieser die beiden ihr anliegenden Winkel bekannt sind, mithin der parallaktische Winkel sich von selbst ergibt und die Auflösung ganz elementar wird. Liegen aber beide Beobachtungsorte nicht unter dem nämlichen Meridiane, so bleibt die Aufgabe aufstößlich, wenn die Richtung des Lichtbogens als bekannt und seine Erhebung über der Erde als überall gleichmäßig angenommen werden; im entgegengesetzten Falle wird sie unmöglich. Für die zweite Hauptclasse von Phänomenen, nämlich wenn beide Beobachtungsorte an entgegengesetzten Seiten des Lichtbogens liegen, findet ganz das Nämliche statt.

1 *Introduct.* §. 2502.

Da ich einmal die Ueberzeugung hege, daß die Höhenmessungen der Nordlichtbögen der Wissenschaft keinen bedeutenden Gewinn tragen werden, so verweile ich ungern bei dieser Aufgabe; inzwischen scheint mir Folgendes am zweckdienlichsten zu seyn. Wenn einem Beobachter gerade eine schickliche Gelegenheit zu Theil wird, einen kenntlich begrenzten und mindestens einige Zeit stillstehenden Nordlichtbogen zu sehen, so thut er wohl, zu einigen wiederholten Malen entweder vermittelt eines Werkzeuges oder durch die Projection der Gesichtslinie nach einem kenntlichen Sterne, dessen Ort für die Beobachtungszeit leicht auszumitteln ist, wo möglich genau in der Ebene des magnetischen Meridians die Höhe desselben zu messen, in der Erwartung, daß vielleicht eine zweite, mit einer der seinigen correspondirende Messung zum Auffinden der Parallaxe benutzt werden könnte. Trifft sich dieses und ist dann

Fig. 15. der durch die beiden Beobachtungsorte A und B gehende Theil eines größten Kreises auf der Erde als ein solcher zu betrachten, daß der gleichzeitig beobachtete höchste Punct N des Nordlichtes in eine durch ihn und das Centrum der Erde gelegte, nach dem Himmel verlängerte Ebene fällt, so sey  $AC = BC = DC = r$  der Halbmesser der Erde,  $\alpha$  der im Beobachtungsorte A und  $\beta$  der im Beobachtungsorte B gemessene Höhenwinkel. Es sey dann ferner der durch den zwischenliegenden Bogen der Erde gegebene Winkel  $ACB = c$ , der Winkel  $BCD = x$  und die lothrechte Höhe des Bogens über der Erde oder  $ND = h$ , so ist  $ANC = 90^\circ - (\alpha + c + x)$ ;  $BNC = 90^\circ - (\beta + x)$ ;  $NAC = 90^\circ + \alpha$ ;  $NBC = 90^\circ + \beta$ . Ferner

$$AC : NC = \sin. ANC : \sin. NAC,$$

$$BC : NC = \sin. BNC : \sin. NBC,$$

oder

$$r : (r + h) = \cos. (\alpha + c + x) : \cos. \alpha = \cos. (\beta + x) : \cos. \beta;$$

woraus man erhält;

$$r \cdot \cos. \alpha = (r + h) \cos. (\alpha + c + x)$$

$$\text{also} \quad h = \frac{r [\cos. \alpha - \cos. (\alpha + c + x)]}{\cos. (\alpha + c + x)}$$

$$= \frac{2r \cdot \sin. \left( \alpha + \frac{c+x}{2} \right) \cdot \sin. \frac{c+x}{2}}{\cos. (\alpha + c + x)}$$

Um aber  $x$  durch bekannte Größen auszudrücken, ist:

$$\frac{\cos. (\alpha + \gamma + x)}{\cos. (\beta + x)} = \frac{\cos. \alpha}{\cos. \beta},$$

also, wenn man die Werthe des Zählers und Nenners entwickelt und mit  $\cos. x$  dividirt,

$$\text{Tang. } x = \frac{\cos. \alpha - \cos. (\alpha + \gamma)}{\cos. \alpha \text{ Tang. } \beta - \sin. (\alpha + \gamma)}.$$

Die älteren Physiker, namentlich auch MAIRAN, fühlten sich veranlaßt, die Höhe der Nordlichter sehr hoch zu setzen, denn das oben erwähnte, durch GASSENDI beobachtete von 1621 sollte in ganz Frankreich und bis nach Syrien hin, also über einer Länderfläche von mindestens 12 Breitengraden, gesehen worden seyn. Ein anderes vom 17. März 1716 wurde sehr hoch nördlich und zugleich auf einem englischen Schiffe an der spanischen Küste unter  $46^{\circ} 30'$  N. B. wahrgenommen, aber am auffallendsten war das große Nordlicht vom 19. Oct. 1826, welches zu Moscau, Petersburg, Warschau, Neapel, Madrid, Lissabon und Cadix gesehen wurde und also dem neuesten vom 7. Jan. 1831 kaum nachstand, welches im Gouvernement Wologda und Orenburg, in Dorpat, Riga, Königsberg, Warschau, Krakau, Breslau, Wien, Triest, München, Genf, Brüssel, Utrecht, Paris, Versailles, Gosport, Bedford, Woolwich, Christiania, Christiansand, Stockholm, Upsala und an vielen einzelnen Puncten innerhalb dieses großen Kreises beobachtet worden ist<sup>1</sup>. Man würde daher keinen Anstand genommen haben, die Höhe der Nordlichter, deren eigentlicher Sitz noch obendrein der Pol selbst seyn oder diesem nahe liegen sollte, als außerordentlich hoch zu betrachten, wenn nicht der Stillstand dieser Meteore, mithin ihre Theilnahme an der Bewegung der Erde, zu der Folgerung geführt hätte, daß sie ihren Sitz in der Atmosphäre haben müßten, die jedoch nach den Berechnungen aus der Höhe der Dämmerung und der Länge der Quecksilbersäule im Barometer die zur Erklärung der Nordlichter erforderliche Höhe nicht wohl haben konnte, weswegen man geneigt war, die aus der Parallaxe des gesehenen Bogens gefolgerte so gering als möglich anzunehmen.

Zuerst stellte F. C. MAIRAN<sup>2</sup> in seiner ausführlichen Be-

<sup>1</sup> Poggendorff Ann. XXII. 435.

<sup>2</sup> Comm. Pet. T. I. p. 861 und 865. Anni 1726. Ib. T. IV. p. 128. Anni 1728.

schreibung der Nordlichter eine Formel zur Berechnung ihrer Höhe bloß aus der Polhöhe des Beobachtungsortes, aus der Höhe und Weite des Bogens mit der Voraussetzung auf, daß sein Centrum in der Erdaxe liege. Nach dieser berechnet KRAFT<sup>1</sup> aus einigen genauen Beobachtungen ihre Höhe zu 124,2 bis 145,3 und sogar 281,9 geographischen Meilen. Am bekanntesten ist die Angabe MAIRAN's<sup>2</sup> geworden, welcher aus dem am 19. Oct. 1726 von Godin zu Paris in 37° Höhe und vom Cardinal POLIGNAC zu Frascati bei Rom gesehenen Lichtbogen die Höhe desselben zu 266,75 französischen oder 160 geographischen Meilen annimmt. Eine Menge Berechnungen nach der durch KRAFT verbesserten Maier'schen Formel hat T. BERGMANN<sup>3</sup> mitgetheilt, wonach die lothrechte Höhe von 30 gemessenen im Mittel 72, als Minimum 20 und als Maximum 151 schwed. Meilen beträgt, zugleich aber bei einem, nach Verschiedenheit der Voraussetzungen, zwischen 20 und 130 schwed. Meilen schwankt. BOSCOVICH<sup>4</sup> setzt die Höhe des im Jahre 1826 gesehenen auf 720 und des großen von 1737 auf 866 italienische Meilen; BLAENDER<sup>5</sup> folgert aus der weiten Entfernung, wo sie gleichzeitig gesehen werden, daß sie nothwendig über die Höhe des Luftkreises hinausgehen müßten, und CAVENDISH<sup>6</sup> findet durch Berechnung ihre Höhe zu 52 und 71 geographischen Meilen.

-9- Hieb müßte alle diese Bemühungen zu den älteren zählen, weil sie insgesamt sich auf die Nordlichter aus der früheren bereits verfloßenen, großen Periode beziehen. Sobald sie nach den langen Unterbrechung sich wieder zeigten, wurden auch die Versuche zur Bestimmung ihrer Höhen wieder erneuert. Zuerst geschah dieses durch GALBRAT<sup>7</sup> bei dem am 22. Oct. 1804 vor ihm in Halle und von WANDZ in Berlin gleichzeitig beobachteten Nordlichte, dessen Höhe er 50,8 geographische Meilen und zwar so findet, daß der Mittelpunkt desselben gerade über

1 Ebend. T. IV. p. 341.

2 Hist. de l'Acad. 1731. Ausführl. in *Traité de l'Aurore boréale* Sect. II. ch. 8.

3 Schwed. Abh. D. Ueb. Th. XXVI. S. 200. ff.

4 Dissert. de aurore bor. cet. p. 8. Vergl. HUTTON Dict. I. 192.

5 Phil. Trans. LXXIV. p. 227.

6 Phil. Trans. 1790. p. 82. ff. 101.

7 Ann. d. Phys. XIX. p. 103.

Kongsberg unter  $59^{\circ} 2' N.$  Be. gelegen hätte, nach andern, hauptsächlich aus WAZNERS Beobachtungen hervorgehendes Elementen würde jedoch dessen Höhe mehr als das Dreifache, nämlich 177 geogr. Meilen betragen haben. Eine Menge Berechnungen sind von DALTON<sup>1</sup> angestellt worden, deren Resultat im Allgemeinen darauf hinauskommt, daß bei einem die Höhe genau 150 engl. Meilen, bei dem am 29. März 1826 gesehenen 100 englische oder ungefähr 33 französische<sup>2</sup>, bei den am 17. Oct. 1849 und 27. Dec. 1827 gesehenen mindestens 100 engl. Meilen betragen sollte, worin er dann Uebereinstimmung genug findet, ihre Höhe allgemein zu sehr nahe 100 engl. Meilen anzunehmen<sup>3</sup>. Für die Voraussetzung, daß die Gesichtslinien zweier oder mehrerer Beobachter sich in dem nämlichen Punkte des Nordlichtbogens schneiden, giebt KÄSTNER<sup>4</sup> eine allgemeine Formel zur Berechnung ihrer Höhen, auch könnten unter dieser Bedingung füglich die für die Sternschnuppen von W. BAUERS<sup>5</sup> mitgetheilten Rechnungsmethoden in Anwendung gebracht werden, allein hierauf ist nicht allezeit sicher zu bauen. POTTER<sup>6</sup> hat die ganze Aufgabe ausführlich untersucht, eine eigene Formel der Berechnung aufgestellt und findet hiernach aus correspondirenden Beobachtungen zu Gosport und Manchester, welche beide Orte unter dem nämlichen magnetischen Meridiane liegen, die Höhe des am 12. Dec. 1830 gesehenen Bogens nach Verschiedenheit der unsichern Bestimmungen zu 77 oder 99 oder 134 engl. Meilen, des am 29. Sept. 1828 ebendasselbst beobachteten zu 197 bis 218 engl. Meilen. Auch das große Nordlicht vom 7. Jan. 1831 gab Veranlassung zu einigen Berechnungen. CHRISTIE<sup>7</sup> unter andern findet aus seinen Beobachtungen zu Blackheath und den gleichzeitigen von HARRIS zu Heron-Court die Höhe des gesehenen Bogens unter vor-

1 Meteorological observations and Essays. p. 69.

2 Vergl. Ann. Ch. Phys. XXXVI. p. 305.

3 Phil. Trans. 1838. p. 291—302.

4 G. XIX. 115.

5 BANZENBERG über die Bestimmung der geographischen Länge aus Sternschnuppen. Hamb. 1802. S. 38. BAUERS Unterhaltungen für Freunde der Physik und Astronomie; Heft 1. Leipz. 1825.

6 Edinburgh Journ. of Sc. N. S. No. IX. p. 23. ff.

7 Journ. of the Roy. Inst. N. II. et III. Poggendorff Ann. XXII. 473.

schiedenen Voraussetzungen 25,7 oder 14,86 oder 4,9 engl. Meilen, unter welchen Bestimmungen die letztere ihm die wahrscheinlichste dünkt, weil aus der Berechnung eines später gesehenen Bogens 4,7 engl. Meilen hervorgehen. Endlich findet HANSEN<sup>1</sup> mit Benutzung seiner oben von mir mitgetheilten Formel aus gleichzeitigen Beobachtungen zu Berlin unter  $52^{\circ} 22' \text{ N. B. } 31^{\circ} 9' \text{ L.}$  und Christiansand unter  $58^{\circ} 12' \text{ N. B. } 25^{\circ} 22' \text{ L.}$ , da die Höhe des Bogens in Berlin  $12^{\circ} 30'$  nördlich, zu Christiansand  $11^{\circ} 45'$  südlich vom Zenith gemessen wurde, die lothrechte Höhe dieses Bogens = 26,3 geogr. Meilen; POGGENDORFF aber glaubt, daß man dieselbe nur = 18,67 Meilen annehmen dürfe, da die Höhe des Bogens zu Berlin schwerlich mehr als  $8^{\circ}$  betragen habe.

Ein Ueberblick der hier mitgetheilten Bestimmungen, die sich leicht noch bedeutend vermehren ließen, führt zu dem Resultate, daß die gemessenen Höhen der Nordlichter zwischen die weiten Grenzen von etwa 1 bis 150 geographischen Meilen fallen. Wollte man die älteren Messungen als minder genau verwerfen, aber die von POTTEN als gültig betrachten, so blieben die Extreme immer noch 1 und 50 geograph. Meilen und mit Weglassung der kleinsten englischen 4 und 50 geogr. Meilen. Diese weiten Grenzen geben Grund genug zu glauben, daß die Messungen dieser Art überhaupt keine genügenden Resultate geben können, eine Vermuthung, welche eine auffallende Unterstützung in den zahlreichen Beobachtungen findet, nach denen die Höhe der Nordlichter nicht bloß die vielen angenommenen Meilen keineswegs erreicht, sondern in zahlreichen Fällen vielmehr sehr gering seyn muß. Schon F. C. MAYER<sup>2</sup> setzt sie nach zahlreichen eigenen und vielen älteren ihm bekannt gewordenen Beobachtungen in die Region der höheren Wolken und bemerkt ausdrücklich, daß oft die feinsten Wölkchen über ihnen gesehen würden. KRAFT<sup>3</sup> behauptet am 24. Aug. 1737 das Nordlicht zwischen vielen getheilten Wolken gesehen zu haben, welches eben so am 25. Nov. 1744 und

1 Poggendorff Ann. XX. 483.

2 Comm. Pet. I. p. 354. Saepe accidit, ut tubae aliquae appareant, quae altiores sunt, quam quae lux borea sub se relinquit. Vergl. p. 364.

3 Comm. Pet. IX. p. 360.

22. Oct. 1746 der Fall war<sup>1</sup>. Erst seit MATRAU hat sich die Ueberzeugung allgemein verbreitet, die Nordlichter müßten sehr hoch seyn, aber die Beobachtungen unterstützen diese Meinung keineswegs. BERGMANN<sup>2</sup> findet es nach den verschiedenen bekannt gewordenen Messungen unmöglich, daß die Nordlichter bis zu der Wolkenschicht herabsteigen können, sah aber dennoch am 17. Oct. 1763 die strahlende Erscheinung sich bis in die feinsten Wolken erstrecken. Nach WARGENTIN's Mittheilung<sup>3</sup> sagt GISSLER in Folge eigener und zugleich mit HELLANT angestellter Beobachtungen im nördlichen Schweden, daß zwar das Nordlicht sehr hoch in der Luft zu seyn scheine, wenigstens höher als die gewöhnliche Wolkenschicht, aber dennoch habe man überzeugende Beweise, daß es mit der Atmosphäre in Verbindung stehe und sich oft bis zur Berührung mit der Erde in derselben herablasse. FARQUHARSON<sup>4</sup> meint nach seinen zahlreichen Beobachtungen in Aberdeenshire unter 57° 12' N. B., daß die unteren Enden der Nordlichtstrahlen sicher bis zur gewöhnlichen Wolkenschicht, nämlich bis etwa 2000 Fuß über der Erdoberfläche, herabgehen; die oberen müßten wohl 2000 bis 3000 F. höher seyn und auf jeden Fall liege die Region derselben in der der Wolken oder da, wo die Veränderungen der Dämpfe und Dünste stattfinden. Hiermit stimmen die Aussagen aller derjenigen überein, welche die Nordlichter in der Nähe ihrer eigentlichen Sitze sahen, und wenn daher v. WAANGEL<sup>5</sup> und ANJOU diese ihre tiefe Herabsenkung nicht erwähnen, so möchte ich die Ursache hiervon in dem Umstande suchen, daß sie sich nicht in der den Nordlichtern (unter b) angewiesenen eigentlichen Zone befanden. THIENEMANN<sup>6</sup> setzt sie nach seinen Beobachtungen auf Island in die Region der Wolken, und mehrere ältere Reisende, welche sich

1 Nov. Comm. Soc. Pet. I. p. 144 u. 149. Inter nubem quasi ludentem. Inter nubes fere continuas delitescetem.

2 Schwed. Abhandl. D. Ueb. XXVI. S. 258.

3 Ebd. XV. S. 86.

4 Edinb. Phil. Journ. XVI. p. 304. N. S. XII. p. 392.

5 Inzwischen sagt doch auch v. WAANGEL Phys. Beob. S. 60.: Das Nordlicht erstreckt sich nicht immer in die höheren Regionen, sondern kommt bis zu einer bedeutenden Nähe der Erdoberfläche herab.

6 Edinb. Phil. Journ. XX, p. 366.

im hohen Norden aufhielten, erzählen wiederholt, sie seyn von ihnen ganz umgeben gewesen. Nach Bior<sup>1</sup>, welcher sie auf den shetländischen Inseln beobachtete, sind sie über den Wolken, denn diese ziehen unter ihnen hin und werden von oben erleuchtet, aber sie müssen im Bereiche der Atmosphäre seyn, weil sie an der Bewegung der Erde Theil nehmen, und werden also durch Winde und Luftströmungen gestört. Wenn man nicht verkennt, daß sich in dieses Urtheil theoretische Ansichten eingemischt haben und die Voraussetzung vorherrschte, sie müßten bedeutend hoch seyn, so muß dasjenige, was als das Resultat reiner Beobachtung erscheint, so viel mehr Gewicht erhalten. Bior setzt nämlich hinzu, daß einzelne Strahlen der Nordlichter viel niedriger seyn müßten, und er selbst habe einst eine Wolke aufsteigen gesehen, welche den Herd des phosphorischen Lichtes in sich trug, so daß dieses bald vor ihr her zog, bald zurückzubleiben schien und ihre Ränder erhellte. FARQUHANSON<sup>2</sup> geht in seinen spätern Behauptungen noch weiter, als in seinen bereits erwähnten frühern, indem er berichtet, daß bei einigen von ihm gesehenen Nordlichtern kein Augenzeuge zweifeln konnte, ihre Strahlen kämen nicht aus den Wolken, aus denen sie hervorschoßen, aber am 25. Nov. 1825 habe er deutlich wahrgenommen, daß dieselben nicht höher waren als die feinsten am Himmel schwebenden Wolken. Bei einem spätern am 20. Dec. 1829 von zwei Beobachtern an verschiedenen Stationen gesehenen Nordlichte bestimmt er aus der ungleichen scheinbaren Erhebung des Bogens die Höhe zu 4000 Fufs und glaubt, daß die dunkeln Wolken, aus denen die Strahlen aufzuschießen scheinen, nichts anderes als die nächstgelegenen Hügel seyen, wenn diese Strahlen im Horizonte sichtbar werden<sup>3</sup>.

Am gewichtigsten müssen wohl die Aussagen der englischen Reisenden seyn, welche die Nordlichter mit vorzüglicher Aufmerksamkeit an der Nordküste von America und auf dem angrenzenden Meere beobachteten. PARRY<sup>4</sup> und seine Begleiter, obgleich sie sich die meiste Zeit jenseit der eigentlichen

1 G. LXVII. 30.

2 Phil. Trans. 1829. p. 115.

3 Ebend. 1830. p. 105.

4 Journ. of a third Voyage. etc. p. 170.



Nordlichtlinie befanden, hielten manche derselben für sehr nahe und am 27. Jan. 1825 sahen mehrere derselben zugleich einen Lichtstrahl zwischen ihrem Standorte und dem nur 3000 Schritte entfernten Lande herabschießen. SCORESBY<sup>1</sup> sagt; das Nordlicht sey unter  $65^{\circ}$  N. B. so tief herabgekommen, daß die Strahlen die Spitzen der Masten zu berühren schienen. Vielfach und unter sich übereinstimmend sind die Zeugnisse FRANKLIN's, RICHARDSON's und HOOD's, welche bei ihrem Aufenthalte an der Nordküste America's den Beobachtungen des Nordlichtes viele Zeit und große Aufmerksamkeit widmeten<sup>2</sup>. Nach HOOD war am 2. April 1819 der leuchtende Strahl des Nordlichts zu Cumberland-House  $10^{\circ}$  über dem Horizonte hoch, in einer Entfernung von nur 55 engl. Meilen nach S. S. W. aber konnte es nicht gesehen werden, und da Bäume die Aussicht am letzteren Orte nur bis zu  $5^{\circ}$  über den Horizont wegnahmen, so konnte seine lothrechte Höhe nicht mehr als 7 engl. Meilen betragen. Am 6. April stand ein Nordlicht zu Cumberland-House im Zenith, aber zu Basquieau-Hill unter  $53^{\circ} 22'$  N. B. und  $103^{\circ} 7' 17''$  W. L. erschien es als ein bleibender Bogen von nur  $9^{\circ}$  Höhe, so daß also seine absolute Höhe nur 7 engl. Meilen betrug; am folgenden Tage veränderte sich seine Höhe zwischen 6 und 7 Meilen. FRANKLIN behauptet sogar<sup>3</sup>, daß das Nordlicht zu Fort Enterprise am 13. Febr. 1820 bis unter die Wolken herabkam und auf jeden Fall die dem Beobachter zugewandte Seite der Wolken erhellte; überhaupt aber müsse er aus seinen Beobachtungen schließen, daß dasselbe zu verschiedenen Zeiten eine ungleiche Entfernung habe. Uebereinstimmend hiermit berichtet HOOD<sup>4</sup>, daß FRANKLIN und RICHARDSON am 13. Nov. das Nordlicht zwischen der Erde und den Wolken gesehen hätten, er selbst aber sah die Zweige eines Nordlichts am 13.

---

1 Tagebuch einer Reise u. s. w. S. 31.

2 Narrative of a Journey to the shores of the Polar-Sea in the Years 1819, 20, 21 and 22 by John Franklin cet. Lond. 1823. 4. p. 390. ff.

3 Narrative cet. p. 551. Es sey mir erlaubt zu bemerken, daß diese Thatsache im Beobachtungsjournale p. 559. noch weit bestimmter angegeben ist, als in der allgemeinen Uebersicht, und mit dem Zusatze, daß die unter den Wolken hingehenden Strahlen diese so lange bedeckt hätten, bis sie unter ihnen weggezogen waren.

4 Narrative cet. p. 583.

März 1821 zu Fort Enterprise von N. W. her über die untere Fläche einer weissen Wolkenschicht hinstreifen, deren oberen Rand 80 Fufs Abstand vom untern hatte. Das Nordlicht zog sich in einer Höhe von  $70^{\circ}$  hin und konnte also nicht höher als zwei engl. Meilen seyn, wenn man die Höhe der Wolken zu 1,5 engl. Meilen annimmt. RICHARDSON<sup>1</sup> behauptet in Folge zahlreicher Beobachtungen, dafs er das Nordlicht deutlich unter den höheren Wolken und in der Region derjenigen feinen Wolken gesehen habe, welche sich nicht hoch über der Erdoberfläche zu befinden pflegen. Endlich sagt auch FRANKLIN<sup>2</sup> von seinen Beobachtungen am Bärensee, dafs sie die Höhe der Nordlichter zwar nie direct gemessen, aber bestimmt in mehreren Fällen unter den Wolken gesehen hätten, ja einst sah RICHARDSON sehr deutlich ein hellstrahlendes Nordlicht, während KENDAL, welcher die Wache hatte und also auf dessen Erscheinen bestimmt achten mußte, gar nichts davon wahrnahm, obgleich er nur 20 engl. Meilen von jenem Orte entfernt war.

Bei der ganzen vorliegenden Untersuchung war zunächst allezeit blofs von dem Nordlichtbogen die Rede, nicht aber von dem Lichtscheine im Horizonte, noch auch von dem meistens röthlichen Lichte, welches sich häufig über einen geringeren oder gröfseren Theil der Himmelskugel, zuweilen über das ganze sichtbare Firmament verbreitet und über dessen Höhe es wohl überhaupt ausnehmend schwer, wo nicht unmöglich seyn dürfte, irgend eine Bestimmung festzusetzen. Wenn es sich also blofs um die Höhe der Lichtbögen handelt, so geht aus den beigebrachten zahlreichen Angaben so viel unverkennbar hervor, dafs sie gewifs ungleich hoch über der Erde erhaben sind, und zwar am höchsten bei den gröfseren Nordlichtern, die eben deswegen auch an den meisten und am weitesten von einander entfernten Orten gesehen werden. Im Ganzen bin ich jedoch geneigt anzunehmen, dafs die mehreren Beobachter nicht einen und denselben Bogen sehen, wodurch also alle Messungen derselben unzulässig werden. Schwerlich erheben sich aber die Nordlichter an ihrer äufsersten Grenze höher, als bis wohin die Dämmerung reicht, also nach BRANDES<sup>3</sup> etwa bis 4 geographi-

---

<sup>1</sup> Narrative cet. p. 597.

<sup>2</sup> Narrative of a Second Expedition cet. App. VII.

<sup>3</sup> S. Dämmerung. Bd. II. S. 277.

sche Meilen. Diese Höhe erreichen sie jedoch selten und verbreiten von hier aus ihr Licht bis in die Region der Wolken herab, welche überhaupt der Sitz der meisten kleineren Nordlichter ist. Ein Hauptargument hierfür, welches, so viel ich weifs, bis jetzt noch nie zur Sprache gebracht ist, möchte ich aus der Lichtstärke dieser Meteore und hauptsächlich des Bogens hernehmen, welche für die entlegeneren Orte ungleich gröfsere Unterschiede zeigen müfste, als die bisherigen Beobachtungen ergeben. Wäre z. B. nach der durch GILBERT angestellten Berechnung der von ihm gemessene Nordlichtbogen über Kongsberg hingegangen, dort sein Abstand von der Erdoberfläche 50, in Halle aber 131 Meilen gewesen, so müfsten die Lichtintensitäten an beiden Orten sich nahe genau wie 8:1 verhalten, und was für eine Helligkeit an dem näheren Orte würde dieses voraussetzen! Nach HANSTEEN's Berechnung ging der Bogen in Christiansand 11° 45' südlich vom Zenith vorbei und müfste also bei 26 Meilen Höhe in 5,4 Meilen südlicher Entfernung lothrecht über dem Horizonte stehen; sein Abstand von Christiansand war also ungefähr 28 Meilen, von Berlin aber 88 Meilen, welche ein Verhältnifs von nahe 1:3, also einen Unterschied der Lichtstärke von 9:1 geben, aber ich glaube nicht, dafs wir solche bedeutende Unterschiede anzunehmen berechtigt sind, wie aus der folgenden Untersuchung noch näher hervorgeht.

#### d) Leuchtkraft und Farbe der Nordlichter.

Die Nordlichter verbreiten sich zwar in einzelnen Fällen als eine unbegrenzte leuchtende Masse über kleinere und gröfsere Theile des Himmels, zuweilen über die ganze Halbkugel desselben, in der Regel aber bestehen sie aus einzelnen hellen, mit dunkeln abwechselnden Theilen, deren Lichtstärke und Farben zuerst einzeln untersucht werden müssen, um dann eine allgemeine Bestimmung über den Grad der durch das Ganze gegebenen Helligkeit folgen zu lassen.

1) Das dunkle, durch einen hellen Lichtbogen begrenzte Segment des Nordlichts erscheint oft als eine dunkle Wolke, und es ist wohl möglich, ja in seltenen Fällen sogar gewifs, dafs sich ausnahmsweise in dieser Gegend des Himmels eine solche befinden mag, wie denn namentlich der südliche Theil des Horizontes zu Christiansand bei dem jener Gegend vorzüglich zugehörigen Nordlichte am 7. Jan. 1831 eine sogenannte Meer-

bank zeigte, über welcher das leuchtende Meteor ruhte<sup>1</sup>, im Allgemeinen aber erscheint jenes Segment nur durch Täuschung in Folge des Gegensatzes gegen den hellen Bogen als eine dunkle Wolke und besteht eigentlich aus dem heitern, blauschwarzen Himmel. Manche Beobachter, welche mit dem Geschichtlichen dieses Meteors nicht genug bekannt waren, fanden es daher überraschend, daß sie Sterne darin erblickten, und einige von diesen sprachen das, was sie in dieser Beziehung deutlich gesehen hatten, nur mit einiger Schüchternheit aus, obgleich diese Thatsache durch so viele Zeugen bekräftigt ist, daß sie keinem Zweifel unterliegt. Schon MUSSCHENBROEK<sup>2</sup> in seiner sehr vollständigen und genauen Beschreibung des Phänomens sagt, die Strahlen und Bögen des Nordlichts seyen so dünn, daß die Sterne erster und zweiter GröÙe dadurch gesehen würden, ja es sey dieses auch der Fall bei der dunkeln Wolke des Segmentes, obgleich seltener. Bei dem durch MARRÆDI und LOUVILLE am 11. Febr. 1720 beobachteten Nordlichte war auch das Segment unter dem Bogen etwas erhellt, aber man sah dennoch die Sterne dritter GröÙe hindurch<sup>3</sup>. Dr. HAMILTON<sup>4</sup> bemerkt von dem 1763 gesehenen Nordlichte, daß man die Sterne durch die dicksten zu ihm gehörigen Wolken gesehen habe, woraus also bestimmt hervorgeht, daß jene Stellen ihrer Dunkelheit wegen scheinbar sich als Wolken zeigten und daher auch diesen Namen erhielten, der ihnen gar nicht gebührt. Ungleich bestimmter sind die Aussagen späterer Beobachter. Unter andern sagt v. HÖRNER<sup>5</sup> ausdrücklich, daß er am 19. Sept. 1803 bei dem glänzenden Nordlichte zu Schaa-geragt den untergehenden Arcturus mit röthlichem Lichte durch das dunkle Segment schimmern sah, PATRIN<sup>6</sup> bemerkt im Allgemeinen, das Innere des Kreises scheine tiefe Dunkelheit zu seyn, aber dennoch sehe man die Sterne hindurch, DUPIN<sup>7</sup> versichert, daß man am 19. Sept. 1817 zu Glasgow die Sterne

---

1 Poggendorff Ann. XXII. 479.

2 Introduct. §. 2493.

3 Hist. de l'Acad. 1720. p. 4.

4 Philos. Essays. Ess. III. p. 106. Vergl. Hatton Dict. I. 191.

5 Von Zach Monatl. Corr. IX. 53.

6 Bibl. Brit. XLV. p. 89.

7 Ann. Ch. Ph. VI. G. LXVII. 190.

zwischen den Strahlen deutlich, unter dem Bogen bis zum Horizonte herab aber nur mit Schwierigkeit gesehen habe. Diese Zeugnisse lassen sich noch durch zwei andere vermehren, nämlich durch das von ROBERTSON<sup>1</sup>, welcher angiebt, daß bei dem Nordlichte am 1. Oct. 1818 unter 62° N. B. das Segment sich als sehr dunkel zeigte, daß aber dennoch die Sterne oben so hell durch dasselbe schimmerten, als durch die glänzenden Theile, und durch das von PARRY<sup>2</sup>, welcher im Allgemeinen über die zu Port Bowen gesehenen Nordlichter bemerkt, daß er sowohl als auch seine Begleiter das dunkle Segment unter dem leuchtenden Bogen nur vermittelt der durchscheinenden Sterne als unbewölkten Himmel erkannt hätten. Endlich wurde das große Nordlicht vom 7. Jan. 1831 von zu vielen genauen Beobachtern und an zu verschiedenen Orten gesehen, als daß diese im Ganzen nicht seltene Eigenthümlichkeit dabei nicht gleichfalls wahrgenommen worden seyn sollte. Wirklich sah auch KAIRS<sup>3</sup> den Stern Wega mit bloßen Augen durch das dunkle Segment schimmern und GARLING<sup>4</sup>, welcher gleichfalls diese Beobachtung machte und den Umstand als neu mit vorzüglicher Aufmerksamkeit beachtete, bestätigt diese Thatsache sowohl in Beziehung auf den genannten als auch auf andere Sterne mit größter Bestimmtheit. Bei dieser Gelegenheit wurde dann auch bekannt, daß STRAUVE die nämliche Erscheinung bei einem andern Nordlichte bereits beobachtet hat<sup>5</sup>.

2) Der Bogen des Nordlichts oder die mehreren zu demselben gehörigen Bögen bestehen im Allgemeinen aus weißem ins Gelbliche spielenden, an manchen Stellen zum Rothen übergehenden Lichte; wenn aber von einer Aehnlichkeit derselben mit dem Regenbogen geredet wird, so bezieht sich dieses zunächst vermuthlich mehr auf die Form, als auf die prismatischen Farben. Ueberhaupt ist man wohl berechtigt, das reine und nicht durch anderweitige Bedingungen modificirte Licht jener Meteore weiß zu nennen, denn so zeigt sich insbesondere dasjenige, was zuweilen in jenem dunkeln Segmente oder als

1 John Ross Entdeckungsreise. Ueb. von Nemnich. S. 193.

2 Journ. of a third Voyage oct. p. 63.

3 Poggendorff Ann. XXII. 453.

4 Ebend. S. 455.

5 Ebend. S. 456.

die eigentliche, das Phänomen erzeugende Zone am nördlichen Himmel erblickt wird. Dafs dieses da, wo es minder intensiv ist, beim Durchgange durch die Luft einige seiner blauen Strahlen verliert und so in mehrfachen Abstufungen vom Gelb zum Orange und selbst zum Roth übergehen könne, ist nach optischen Gesetzen leicht erklärlich. Wenn das auf diese Weise schon röthliche Licht nochmals durch leichte Dunstschichten dringend zum Auge des Beobachters gelangt, so kann es bei zunehmender Verminderung seiner Intensität und durch den Einfluß des Gegensatzes gegen das zugleich wahrgenommene weisse, gelbe und heller rothe Licht dunkelroth und selbst tief purpurfarben werden. Das dunkelrothe und purpurfarbige Licht erscheint daher sehr häufig und war namentlich besonders auffallend am 7. Jan. 1831, ich selbst habe es mit grofser Aufmerksamkeit anhaltend betrachtet und bin fest überzeugt, dafs es durch den Einfluß der zartesten, das intensive weisse Licht unverändert durchlassenden Wölkchen erzeugt wird, über deren Verbindung mit dem Nordlichte unter f) noch weiter geredet werden soll. Ueberhaupt wird kein Beobachter die Aehnlichkeit zwischen den Färbungen der Nordlichter und denen der Morgen- oder Abend-Röthe verkennen<sup>1</sup>, worauf schon der durch GASSENDI zuerst gebrauchte Name (*aurora borealis*) beruht, weswegen ich keinen Anstand nehme, beide Phänomene auf gleiche Weise zu erklären<sup>2</sup>. Grünes Licht wird verhältnismäfsig viel seltener wahrgenommen, ich selbst habe es nie gesehen, glaube aber, dafs es nur für subjective Farbe, durch das oft sehr intensive Roth erzeugt, zu halten sey, wie denn bei der Abendröthe gleichfalls die zwischen den rothen Theilen des Himmels liegenden Streifen oft sehr merklich grün gefärbt erscheinen<sup>3</sup>.

3) An die Nordlichtbögen schliessen sich unmittelbar die oftmals aufsteigenden Lichtsäulen; denn häufig sind sie die Anfänge der entstehenden, erst später völlig ausgebildeten oder überhaupt nicht ganz zur Vollkommenheit gelangenden Bögen, oder sie schiessen aus diesen empor und sind auf jeden Fall ih-

1 Vergl. KENDAL in Quart. Journ. of Sc. N. S. No. IV. p. 420.

2 Vergl. *Abendröthe* Bd. I. S. 8. ff.

3 Vergl. *Atmosphäre* Bd. I. S. 500. *Farben, physiologische*. Bd. IV. S. 118.

nen gleich gefärbt, die einzelnen zwischen diesen Haupttheilen zum Vorschein kommenden Strahlen und Lichtparthieen aber sind jenen gleich, meistens nur mehr oder minder tief roth gefärbt.

4) Blofs bei den gröfseren Nordlichtern entsteht in der gröfsten Höhe der Lichtbögen oder in dem Punkte, wo die aufschiefsenden Lichtsäulen sich vereinigen, die sogenannte *Krone*. MARRAN sah sie vorzüglich schön am 19. Oct. 1826 und vergleicht sie mit der Laterne eines Gewölbes oder dem Schlufsringe desselben. Zuweilen glich sie einem blofsen Ringe, durch welchen man zwischen den verschiedenfarbig leuchtenden Wolken den blauen Himmel durchscheinen sah, zuweilen einer strahlenden Glorie, wie sie auf Gemälden dargestellt wird, stets aber vereinigten sich dort die sämmtlichen, am ganzen Horizonte aufschiefsenden Strahlen. Schon GREGORIUS TURONENSIS<sup>1</sup> vergleicht die 1585 gesehene Krone mit einem Zelte oder einer Art Mütze; HALLEY sah sie am 17. März 1716 und bemerkt, eben so wie die beiden eben genannten Schriftsteller, dafs sie sich gewöhnlich im Zenith zeige, zuweilen aber sowohl südlich als auch nördlich sich von demselben entferne. Seitdem ist sie oft gesehen und stets durch den üblichen Namen Krone bezeichnet worden, weil sie hiermit mehr oder minder grofse Aehnlichkeit hat. Nach FARQUHARSON<sup>2</sup> wird sie erst im Zenith oder südlich von demselben dadurch erzeugt, dafs die dort sich vereinigenden Strahlen eine nebelartige wallende Masse bilden.

Die hier mitgetheilten Angaben über die Färbungen der einzelnen Theile des Nordlichts stimmen mit den Angaben der Beobachter so genau überein, dafs es genügen wird, zur gröfsern Vollständigkeit nur einige derselben speciell mitzutheilen. BRATHOLON<sup>3</sup> beschreibt das Licht der Bögen und der daraus hervorschiefsenden Strahlen als dem der Dämmerung ähnlich, es wird jedoch intensiver, hauptsächlich wenn mehrere Säulen sich vereinigen, und spielt dann in Grün, Blau und Purpurfarben. HAGEN<sup>4</sup> sah bei dem Nordlichte am 22. Oct. 1804 nur weisses Licht, aus dem Strahlen aufschossen, an einigen Stel-

1 Opp. Lib. VIII. cap. XVII. p. 390.

2 Edinb. Phil. Journ. XVI. 304.

3 Encyclop. method. T. I. p. 369.

4 G. XIX. 111.

schiedenen Voraussetzungen 25,7 oder 14,86 oder 4,9 engl. Meilen, unter welchen Bestimmungen die letztere ihm die wahrscheinlichste dünkt, weil aus der Berechnung eines später gesehenen Bogens 4,7 engl. Meilen hervorgehen. Endlich findet HANSEN<sup>1</sup> mit Benützung seiner oben von mir mitgetheilten Formel aus gleichzeitigen Beobachtungen zu Berlin unter  $52^{\circ} 22' \text{ N. B. } 31^{\circ} 9' \text{ L.}$  und Christiansand unter  $58^{\circ} 12' \text{ N. B. } 25^{\circ} 22' \text{ L.}$ , da die Höhe des Bogens in Berlin  $12^{\circ} 30'$  nördlich, zu Christiansand  $11^{\circ} 45'$  südlich vom Zenith gemessen wurde, die lothrechte Höhe dieses Bogens = 26,3 geogr. Meilen; POGGENDORFF aber glaubt, daß man dieselbe nur = 18,67 Meilen annehmen dürfe, da die Höhe des Bogens zu Berlin schwerlich mehr als  $8^{\circ}$  betragen habe.

Ein Ueberblick der hier mitgetheilten Bestimmungen, die sich leicht noch bedeutend vermehren ließen, führt zu dem Resultate, daß die gemessenen Höhen der Nordlichter zwischen die weiten Grenzen von etwa 1 bis 150 geographischen Meilen fallen. Wollte man die älteren Messungen als minder genau verwerfen, aber die von POTTEN als gültig betrachten, so blieben die Extreme immer noch 1 und 50 geograph. Meilen und mit Weglassung der kleinsten englischen 4 und 50 geogr. Meilen. Diese weiten Grenzen geben Grund genug zu glauben, daß die Messungen dieser Art überhaupt keine genügenden Resultate geben können, eine Vermuthung, welche eine auffallende Unterstützung in den zahlreichen Beobachtungen findet, nach denen die Höhe der Nordlichter nicht bloß die vielen angenommenen Meilen keineswegs erreicht, sondern in zahlreichen Fällen vielmehr sehr gering seyn muß. Schon F. C. MAIER<sup>2</sup> setzt sie nach zahlreichen eigenen und vielen älteren ihm bekannt gewordenen Beobachtungen in die Region der höheren Wolken und bemerkt ausdrücklich, daß oft die feinsten Wölkchen über ihnen gesehen würden. KRAFT<sup>3</sup> behauptet am 24. Aug. 1737 das Nordlicht zwischen vielen getheilten Wolken gesehen zu haben, welches eben so am 25. Nov. 1744 und

1 Poggendorff Ann. XX. 483.

2 Comm. Pet. I. p. 354. Saepe accidit, ut nebes aliquas appareant, quae altiores sunt, quam quae lux borea sub se relinquit. Vergl. p. 364.

3 Comm. Pet. IX. p. 360.



22. Oct. 1746 der Fall war<sup>1</sup>. Erst seit MATRAU hat sich die Ueberzeugung allgemein verbreitet, die Nordlichter müßten sehr hoch seyn, aber die Beobachtungen unterstützen diese Meinung keineswegs. BERGMANN<sup>2</sup> findet es nach den verschiedenen bekannt gewordenen Messungen unmöglich, daß die Nordlichter bis zu der Wolkenschicht herabsteigen können, sah aber dennoch am 17. Oct. 1763 die strahlende Erscheinung sich bis in die feinsten Wolken erstrecken. Nach WARGENTIN's Mittheilung<sup>3</sup> sagt GISSLER in Folge eigener und zugleich mit HELLAHT angestellter Beobachtungen im nördlichen Schweden, daß zwar das Nordlicht sehr hoch in der Luft zu seyn scheine, wenigstens höher als die gewöhnliche Wolkenschicht, aber dennoch habe man überzeugende Beweise, daß es mit der Atmosphäre in Verbindung stehe und sich oft bis zur Berührung mit der Erde in derselben herablasse. FARQUHARSON<sup>4</sup> meint nach seinen zahlreichen Beobachtungen in Aberdeenshire unter 57° 12' N. B., daß die unteren Enden der Nordlichtstrahlen sicher bis zur gewöhnlichen Wolkenschicht, nämlich bis etwa 2000 Fuß über der Erdoberfläche, herabgehen; die oberen müßten wohl 2000 bis 3000 Fuß höher seyn und auf jeden Fall liege die Region derselben in der der Wolken oder da, wo die Veränderungen der Dämpfe und Dünste stattfinden. Hiermit stimmen die Aussagen aller derjenigen überein, welche die Nordlichter in der Nähe ihrer eigentlichen Sitze sehen, und wenn daher v. WAAAGEN<sup>5</sup> und ANJOU diese ihre tiefe Herabsenkung nicht erwähnen, so möchte ich die Ursache hiervon in dem Umstande suchen, daß sie sich nicht in der den Nordlichtern (unter b) angewiesenen eigentlichen Zone befanden. THIENMANN<sup>6</sup> setzt sie nach seinen Beobachtungen auf Island in die Region der Wolken, und mehrere ältere Reisende, welche sich

1 Nov. Comm. Soc. Pet. I. p. 144 u. 149. Inter nubem quasi ludentem. Inter nubes fere continuas delitescens.

2 Schwed. Abhandl. D. Ueb. XXVI. S. 258.

3 Ebd. XV. S. 86.

4 Edinb. Phil. Journ. XVI. p. 304. N. S. XII. p. 392.

5 Inzwischen sagt doch auch v. WAAAGEN Phys. Beob. S. 60.: Das Nordlicht erstreckt sich nicht immer in die höheren Regionen, sondern kommt bis zu einer bedeutenden Nähe der Erdoberfläche herab.

6 Edinb. Phil. Journ. XX, p. 366.

im hohen Norden aufhielten, erzählen wiederholt, sie seyen von ihnen ganz umgeben gewesen. Nach BROR<sup>1</sup>, welcher sie auf den shetländischen Inseln beobachtete, sind sie über den Wolken, denn diese ziehen unter ihnen hin und werden von oben erleuchtet; aber sie müssen im Bereiche der Atmosphäre seyn, weil sie an der Bewegung der Erde Theil nehmen, und werden also durch Winde und Luftströmungen gestört. Wenn man nichtkennt, daß sich in dieses Urtheil theoretische Ansichten eingemischt haben und die Voraussetzung vorherrsche, sie müßten bedeutend hoch seyn, so muß dasjenige, was als das Resultat reiner Beobachtung erscheint, so viel mehr Gewicht erhalten. BROR setzt nämlich hinzu, daß einzelne Strahlen der Nordlichter viel niedriger seyn müßten, und er selbst habe einst eine Wolke aufsteigen gesehen, welche den Herd des phosphorischen Lichtes in sich trug, so daß dieses bald vor ihr her zog, bald zurückbleiben schien und ihre Ränder erhellte. FARQUHANSON<sup>2</sup> geht in seinen spätern Behauptungen noch weiter, als in seinen bereits erwähnten frühern, indem er berichtet, daß bei einigen von ihm gesehenen Nordlichtern kein Augenzeuge zweifeln konnte, ihre Strahlen kämen nicht aus den Wolken, aus denen sie hervorschoßen, aber am 25. Nov. 1825 habe er deutlich wahrgenommen, daß dieselben nicht höher waren als die feinsten am Himmel schwebenden Wolken. Bei einem spätern am 20. Dec. 1829 von zwei Beobachtern an verschiedenen Stationen gesehenen Nordlichte bestimmt er aus der ungleichen scheinbaren Erhebung des Regens die Höhe zu 4000 Fufs und glaubt, daß die dunkeln Wolken, aus denen die Strahlen aufzuschießen scheinen, nichts anderes als die nächstgelegenen Hügel seyen, wenn diese Strahlen im Horizonte sichtbar werden<sup>3</sup>.

Am gewichtigsten müssen wohl die Aussagen der englischen Reisenden seyn, welche die Nordlichter mit vorzüglicher Aufmerksamkeit an der Nordküste von America und auf dem angrenzenden Meere beobachteten. PARRY<sup>4</sup> und seine Begleiter, obgleich sie sich die meiste Zeit jenseit der eigentlichen

1 G. LXVII. 30.

2 Phil. Trans. 1829. p. 113.

3 Ebend. 1830. p. 105.

4 Journ. of a third Voyage. cap. p. 170.

Nordlichtlinie befanden, hielten manche derselben für sehr nahe und am 27. Jan. 1825 sahen mehrere derselben zugleich einen Lichtstrahl zwischen ihrem Standorte und dem nur 3000 Schritte entfernten Lande herabschießen. SCORESBY<sup>1</sup> sagt, das Nordlicht sey unter  $65^{\circ}$  N. B. so tief herabgekommen, daß die Strahlen die Spitzen der Masten zu berühren schienen. Vielfach und unter sich übereinstimmend sind die Zeugnisse FRANKLIN's, RICHARDSON's und Hood's, welche bei ihrem Aufenthalte an der Nordküste America's den Beobachtungen des Nordlichtes viele Zeit und große Aufmerksamkeit widmeten<sup>2</sup>. Nach Hood war am 2. April 1819 der leuchtende Strahl des Nordlichts zu Cumberland-House  $10^{\circ}$  über dem Horizonte hoch, in einer Entfernung von nur 55 engl. Meilen nach S. S. W. aber konnte es nicht gesehen werden, und da Bäume die Aussicht am letzteren Orte nur bis zu  $5^{\circ}$  über den Horizont wegnahmen, so konnte seine lothrechte Höhe nicht mehr als 7 engl. Meilen betragen. Am 6. April stand ein Nordlicht zu Cumberland-House im Zenith, aber zu Basquieu-Hill unter  $53^{\circ} 22'$  N. B. und  $103^{\circ} 7' 17''$  W. L. erschien es als ein bleibender Bogen von nur  $9^{\circ}$  Höhe, so daß also seine absolute Höhe nur 7 engl. Meilen betrug; am folgenden Tage veränderte sich seine Höhe zwischen 6 und 7 Meilen. FRANKLIN behauptet sogar<sup>3</sup>, daß das Nordlicht zu Fort Enterprise am 13. Febr. 1820 bis unter die Wolken herabkam und auf jeden Fall die dem Beobachter zugewandte Seite der Wolken erhellte; überhaupt aber müsse er aus seinen Beobachtungen schließen, daß dasselbe zu verschiedenen Zeiten eine ungleiche Entfernung habe. Uebereinstimmend hiermit berichtet Hood<sup>4</sup>, daß FRANKLIN und RICHARDSON am 13. Nov. das Nordlicht zwischen der Erde und den Wolken gesehen hätten, er selbst aber sah die Zweige eines Nordlichts am 13.

---

1 Tagebuch einer Reise u. s. w. S. 31.

2 Narrative of a Journey to the shores of the Polar-Sea in the Years 1819, 20, 21 and 22 by John Franklin cet. Lond. 1823. 4. p. 390. ff.

3 Narrative cet. p. 551. Es sey mir erlaubt zu bemerken, daß diese Thatsache im Beobachtungsjournale p. 559. noch weit bestimmter angegeben ist, als in der allgemeinen Uebersicht, und mit dem Zusatz, daß die unter den Wolken hingehenden Strahlen diese so lange bedeckt hätten, bis sie unter ihnen weggezogen waren.

4 Narrative cet. p. 583.

März 1821 zu Fort Enterprise von N. W. her über die untere Fläche einer weissen Wolkenschicht hinstreifen, deren oberer Rand 80 Fuß Abstand vom untern hatte. Das Nordlicht zog sich in einer Höhe von  $70^\circ$  hin und konnte also nicht höher als zwei engl. Meilen seyn, wenn man die Höhe der Wolken zu 1,5 engl. Meilen annimmt. RICHARDSON<sup>1</sup> behauptet in Folge zahlreicher Beobachtungen, daß er das Nordlicht deutlich unter den höheren Wolken und in der Region derjenigen feinen Wolken gesehen habe, welche sich nicht hoch über der Erdoberfläche zu befinden pflegen. Endlich sagt auch FRANKLIN<sup>2</sup> von seinen Beobachtungen am Bärensee, daß sie die Höhe der Nordlichter zwar nie direct gemessen, aber bestimmt in mehreren Fällen unter den Wolken gesehen hätten, ja einst sah RICHARDSON sehr deutlich ein hellstrahlendes Nordlicht, während KENDAL, welcher die Wache hatte und also auf dessen Erscheinen bestimmt achten mußte, gar nichts davon wahrnahm, obgleich er nur 20 engl. Meilen von jenem Orte entfernt war.

Bei der ganzen vorliegenden Untersuchung war zunächst allezeit bloß von dem Nordlichtbogen die Rede, nicht aber von dem Lichtscheine im Horizonte, noch auch von dem meistens röthlichen Lichte, welches sich häufig über einen geringeren oder größeren Theil der Himmelskugel, zuweilen über das ganze sichtbare Firmament verbreitet und über dessen Höhe es wohl überhaupt ausnehmend schwer, wo nicht unmöglich seyn dürfte, irgend eine Bestimmung festzusetzen. Wenn es sich also bloß um die Höhe der Lichtbögen handelt, so geht aus den beigebrachten zahlreichen Angaben so viel unverkennbar hervor, daß sie gewiß ungleich hoch über der Erde erhaben sind, und zwar am höchsten bei den größeren Nordlichtern, die eben deswegen auch an den meisten und am weitesten von einander entfernten Orten gesehen werden. Im Ganzen bin ich jedoch geneigt anzunehmen, daß die mehreren Beobachter nicht einen und denselben Bogen sehen, wodurch also alle Messungen derselben unzulässig werden. Schwerlich erheben sich aber die Nordlichter an ihrer äußersten Grenze höher, als bis wohin die Dämmerung reicht, also nach BRANDES<sup>3</sup> etwa bis 4 geographi-

1 Narrative cet. p. 597.

2 Narrative of a Second Expedition cet. App. VII.

3 S. Dämmerung. Bd. II. S. 277.

sche Meilen. Diese Höhe erreichen sie jedoch selten und verbreiten von hier aus ihr Licht bis in die Region der Wolken herab, welche überhaupt der Sitz der meisten kleineren Nordlichter ist. Ein Hauptargument hierfür, welches, so viel ich weiß, bis jetzt noch nie zur Sprache gebracht ist, möchte ich aus der Lichtstärke dieser Meteore und hauptsächlich des Bogens hernehmen, welche für die entlegeneren Orte ungleich größere Unterschiede zeigen müßte, als die bisherigen Beobachtungen ergeben. Wäre z. B. nach der durch GILBERT angestellten Berechnung der von ihm gemessene Nordlichtbogen über Kongsberg hingegangen, dort sein Abstand von der Erdoberfläche 50, in Halle aber 131 Meilen gewesen, so müßten die Lichtintensitäten an beiden Orten sich nahe genau wie 8:1 verhalten, und was für eine Helligkeit an dem näheren Orte würde dieses voraussetzen! Nach HANSTEEN'S Berechnung ging der Bogen in Christiansand 11° 45' südlich vom Zenith vorbei und mußte also bei 26 Meilen Höhe in 5,4 Meilen südlicher Entfernung lothrecht über dem Horizonte stehen; sein Abstand von Christiansand war also ungefähr 28 Meilen, von Berlin aber 88 Meilen, welche ein Verhältniß von nahe 1:3, also einen Unterschied der Lichtstärke von 9:1 geben, aber ich glaube nicht, daß wir solche bedeutende Unterschiede anzunehmen berechtigt sind, wie aus der folgenden Untersuchung noch näher hervorgeht.

#### d) Leuchtkraft und Farbe der Nordlichter.

Die Nordlichter verbreiten sich zwar in einzelnen Fällen als eine unbegrenzte leuchtende Masse über kleinere und größere Theile des Himmels, zuweilen über die ganze Halbkugel desselben, in der Regel aber bestehen sie aus einzelnen hellen, mit dunkeln abwechselnden Theilen, deren Lichtstärke und Farben zuerst einzeln untersucht werden müssen, um dann eine allgemeine Bestimmung über den Grad der durch das Ganze gegebenen Helligkeit folgen zu lassen.

1) Das dunkle, durch einen hellen Lichtbogen begrenzte Segment des Nordlichts erscheint oft als eine dunkle Wolke, und es ist wohl möglich, ja in seltenen Fällen sogar gewiß, daß sich ausnahmsweise in dieser Gegend des Himmels eine solche befinden mag, wie denn namentlich der südliche Theil des Horizontes zu Christiansand bei dem jener Gegend vorzüglich zugehörigen Nordlichte am 7. Jan. 1831 eine sogenannte Meer-

bank zwigte, über welcher das leuchtende Météor ruhte<sup>1</sup>, im Allgemeinen aber erscheint jenes Segment nur durch Täuschung in Folge des Gegensatzes gegen den hellen Bogen als eine dunkle Wolke und besteht eigentlich aus dem heitern, blauschwarzen Himmel. Manche Beobachter, welche mit dem Geschichtlichen dieses Meteors nicht genug bekannt waren, fanden es daher überraschend, daß sie Sterne darin erblickten, und einige von diesen sprachen das, was sie in dieser Beziehung deutlich gesehen hatten, nur mit einiger Schüchternheit aus, obgleich diese Thatsache durch so viele Zeugen bekräftigt ist, daß sie keinem Zweifel unterliegt. Schon MUSSCHENBROEK<sup>2</sup> in seiner sehr vollständigen und genauen Beschreibung des Phänomens sagt, die Strahlen und Bögen des Nordlichts seyen so dünn, daß die Sterne erster und zweiter Größe dadurch gesehen würden, ja es sey dieses auch der Fall bei der dunkeln Wolke des Segmentes, obgleich seltener. Bei dem durch MARAEDI und LOUVILLE am 11. Febr. 1720 beobachteten Nordlichte war auch das Segment unter dem Bogen etwas erhellt, aber man sah dennoch die Sterne dritter Größe hindurch<sup>3</sup>. Dr. HAMILTON<sup>4</sup> bemerkt von dem 1763 gesehenen Nordlichte, daß man die Sterne durch die dicksten zu ihm gehörigen Wolken gesehen habe, woraus also bestimmt hervorgeht, daß jene Stellen ihrer Dunkelheit wegen scheinbar sich als Wolken zeigten und daher auch diesen Namen erhielten, der ihnen gar nicht gebührt. Ungleich bestimmter sind die Aussagen späterer Beobachter. Unter andern sagt v. HORNER<sup>5</sup> ausdrücklich, daß er am 19. Sept. 1803 bei dem glänzenden Nordlichte zu Schaa-geragt den untergehenden Arcturus mit röthlichem Lichte durch das dunkle Segment schimmern sah, PATRIN<sup>6</sup> bemerkt im Allgemeinen, das Innere des Kreises scheine tiefe Dunkelheit zu seyn, aber dennoch sehe man die Sterne hindurch, DUPIN<sup>7</sup> versichert, daß man am 19. Sept. 1817 zu Glasgow die Sterne

---

<sup>1</sup> Poggendorff Ann. XXII. 479.

<sup>2</sup> Introduct. §. 2493.

<sup>3</sup> Hist. de l'Acad. 1720. p. 4.

<sup>4</sup> Philos. Essays. Ess. III. p. 106. Vergl. Hutton Dict. I. 191.

<sup>5</sup> Von Zach Monatl. Corr. IX. 53.

<sup>6</sup> Bibl. Brit. XLV. p. 89.

<sup>7</sup> Ann. Ch. Ph. VI. G. LXVII. 190.

zwischen den Strahlen deutlich, unter dem Bogen bis zum Horizonte herab aber nur mit Schwierigkeit gesehen habe. Diese Zeugnisse lassen sich noch durch zwei andere vermehren, nämlich durch das von ROBERTSON<sup>1</sup>, welcher angiebt, daß bei dem Nordlichte am 1. Oct. 1818 unter 62° N. B. das Segment sich als sehr dunkel zeigte, daß aber dennoch die Sterne eben so hell durch dasselbe schimmerten, als durch die glänzenden Theile, und durch das von PARRY<sup>2</sup>, welcher im Allgemeinen über die zu Port Bowen gesehenen Nordlichter bemerkt, daß er sowohl als auch seine Begleiter das dunkle Segment unter dem leuchtenden Bogen nur vermittelt der durchscheinenden Sterne als unbewölkten Himmel erkannt hätten. Endlich wurde das große Nordlicht vom 7. Jan. 1831 von zu vielen genauen Beobachtern und an zu verschiedenen Orten gesehen, als daß diese im Ganzen nicht seltene Eigenthümlichkeit dabei nicht gleichfalls wahrgenommen worden seyn sollte. Wirklich sah auch KRIES<sup>3</sup> den Stern Wega mit bloßen Augen durch das dunkle Segment schimmern und GRALING<sup>4</sup>, welcher gleichfalls diese Beobachtung machte und den Umstand als neu mit vorzüglicher Aufmerksamkeit beachtete, bestätigt diese Thatsache sowohl in Beziehung auf den genannten als auch auf andere Sterne mit größter Bestimmtheit. Bei dieser Gelegenheit wurde dann auch bekannt, daß STRAUVE die nämliche Erscheinung bei einem andern Nordlichte bereits beobachtet hat<sup>5</sup>.

2) Der Bogen des Nordlichts oder die mehreren zu demselben gehörigen Bögen bestehen im Allgemeinen aus weißem ins Gelbliche spielenden, an manchen Stellen zum Rothen übergehenden Lichte; wenn aber von einer Aehnlichkeit derselben mit dem Regenbogen geredet wird, so bezieht sich dieses zunächst vermuthlich mehr auf die Form, als auf die prismatischen Farben. Ueberhaupt ist man wohl berechtigt, das reine und nicht durch anderweitige Bedingungen modificirte Licht jener Meteore weiß zu nennen, denn so zeigt sich insbesondere dasjenige, was zuweilen in jenem dunkeln Segmente oder als

1. John Ross Entdeckungsreise. Ueb. von Nemnich. S. 193.

2. Journ. of a third Voyage oct. p. 68.

3. Poggendorff Ann. XXII. 453.

4. Ebend. S. 455.

5. Ebend. S. 456.

die eigentliche, das Phänomen erzeugende Zone am nördlichen Himmel erblickt wird. Dafs dieses da, wo es minder intensiv ist, beim Durchgange durch die Luft einige seiner blauen Strahlen verliert und so in mehrfachen Abstufungen vom Gelb zum Orange und selbst zum Roth übergehen könne, ist nach optischen Gesetzen leicht erklärlich. Wenn das auf diese Weise schon röthliche Licht nochmals durch leichte Dunstschichten dringend zum Auge des Beobachters gelangt, so kann es bei zunehmender Verminderung seiner Intensität und durch den Einfluß des Gegensatzes gegen das zugleich wahrgenommene weisse, gelbe und heller rothe Licht dunkelroth und selbst tief purpurfarben werden. Das dunkelrothe und purpurfarbige Licht erscheint daher sehr häufig und war namentlich besonders auffallend am 7. Jan. 1831, ich selbst habe es mit grofser Aufmerksamkeit anhaltend betrachtet und bin fest überzeugt, dafs es durch den Einfluß der zartesten, das intensive weisse Licht unverändert durchlassenden Wölkchen erzeugt wird, über deren Verbindung mit dem Nordlichte unter f) noch weiter geredet werden soll. Ueberhaupt wird kein Beobachter die Aehnlichkeit zwischen den Färbungen der Nordlichter und denen der Morgen- oder Abend-Röthe verkennen<sup>1</sup>, worauf schon der durch GASSENDI zuerst gebrauchte Name (*aurora borealis*) beruht, weswegen ich keinen Anstand nehme, beide Phänomene auf gleiche Weise zu erklären<sup>2</sup>. Grünes Licht wird verhältnifsmäfsig viel seltener wahrgenommen, ich selbst habe es nie gesehen, glaube aber, dafs es nur für subjective Farbe, durch das oft sehr intensive Roth erzeugt, zu halten sey, wie denn bei der Abendröthe gleichfalls die zwischen den rothen Theilen des Himmels liegenden Streifen oft sehr merklich grün gefärbt erscheinen<sup>3</sup>.

3) An die Nordlichtbögen schliessen sich unmittelbar die oftmals aufsteigenden Lichtsäulen; denn häufig sind sie die Anfänge der entstehenden, erst später völlig ausgebildeten oder überhaupt nicht ganz zur Vollkommenheit gelangenden Bögen, oder sie schliessen aus diesen empor und sind auf jeden Fall ih-

---

1 Vergl. KENDAL in Quart. Journ. of Sc. N. S. No. IV. p. 420.

2 Vergl. *Abendröthe* Bd. I. S. 8. ff.

3 Vergl. *Atmosphäre* Bd. I. S. 500. *Farben, physiologische*. Bd. IV. S. 118.



nen gleich gefärbt, die einzelnen zwischen diesen Haupttheilen zum Vorschein kommenden Strahlen und Lichtparthieen aber sind jenen gleich, meistens nur mehr oder minder tief roth gefärbt.

4) Bloß bei den größeren Nordlichtern entsteht in der größten Höhe der Lichtbögen oder in dem Puncte, wo die aufschießenden Lichtsäulen sich vereinigen, die sogenannte *Krone*. MAIRAN sah sie vorzüglich schön am 19. Oct. 1826 und vergleicht sie mit der Laterne eines Gewölbes oder dem Schlußringe desselben. Zuweilen glich sie einem bloßen Ringe, durch welchen man zwischen den verschiedenfarbig leuchtenden Wolken den blauen Himmel durchscheinen sah, zuweilen einer strahlenden Glorie, wie sie auf Gemälden dargestellt wird, stets aber vereinigten sich dort die sämmtlichen, am ganzen Horizonte aufschießenden Strahlen. Schon GREGORIUS TURONENSIS<sup>1</sup> vergleicht die 1585 gesehene Krone mit einem Zelte oder einer Art Mütze; HALLEY sah sie am 17. März 1716 und bemerkt, eben so wie die beiden eben genannten Schriftsteller, daß sie sich gewöhnlich im Zenith zeige, zuweilen aber sowohl südlich als auch nördlich sich von demselben entferne. Seitdem ist sie oft gesehen und stets durch den üblichen Namen Krone bezeichnet worden, weil sie hiermit mehr oder minder große Aehnlichkeit hat. Nach FARQUHARSON<sup>2</sup> wird sie erst im Zenith oder südlich von demselben dadurch erzeugt, daß die dort sich vereinigenden Strahlen eine nebelartige wallende Masse bilden.

Die hier mitgetheilten Angaben über die Färbungen der einzelnen Theile des Nordlichts stimmen mit den Angaben der Beobachter so genau überein, daß es genügen wird, zur größern Vollständigkeit nur einige derselben speciell mitzutheilen. BERTHOLOM<sup>3</sup> beschreibt das Licht der Bögen und der daraus hervorschießenden Strahlen als dem der Dämmerung ähnlich, es wird jedoch intensiver, hauptsächlich wenn mehrere Säulen sich vereinigen, und spielt dann in Grün, Blau und Purpurfarben. HAGEN<sup>4</sup> sah bei dem Nordlichte am 22. Oct. 1804 nur weißes Licht, aus dem Strahlen aufschossen, an einigen Stel-

1 Opp. Lib. VIII. cap. XVII. p. 390.

2 Edinb. Phil. Journ. XVI. 304.

3 Encyclop. method. T. I. p. 369.

4 G. XIX. 111.

dieses Getöse oft in Esthland, nach BILLINGS<sup>1</sup> im nördlichen Rußland, Capt. ABRAHAMSON<sup>2</sup> bringt mehrere Bestätigungen der Thatsache durch Ohrenzeugen bei, EDMONSTONE<sup>3</sup> bezieht sich deswegen auf die Aussagen von Schiffern, welche unter 63° 30' N. B. das Brausen der Nordlichter hörten, BIOT<sup>4</sup> hat es zwar bei seinem Aufenthalte auf Unst nicht selbst gehört, nimmt aber die Wirklichkeit eines solchen Brausens nach vielen Aussagen der Bewohner jener Inseln in Schutz, DUNBAR<sup>5</sup> will es während seines sechsjährigen Aufenthalte auf den Hebriden mehr als funfzigmal mit eigenen Ohren gehört haben, HANSTEN<sup>6</sup> glaubt an die Existenz jenes Geräusches, und nach Beobachtungen in Grönland soll es dort häufig wahrgenommen werden<sup>7</sup>. Ein gewichtiges Zeugniß scheint ferner die Versicherung zu seyn<sup>8</sup>, daß man bei dem Nordlichte zu Rochester im August 1827 sehr deutlich Getöse (*reports*) wie von abgefeuertem grobem Geschütze gehört habe, wobei jedoch der Zusatz auffallen muß, daß diese Meteore in Nordamerika, sonst nie von einem Getöse begleitet seyen. HANSTEN hielt übrigens die Thatsache noch keineswegs für unzweifelhaft gewiß und forderte daher auf, die noch nicht zur öffentlichen Kenntniß gekommenen Erfahrungen bekannt zu machen. In Folge dessen erzählt der Landphysicus Dr. MUNCK<sup>9</sup>, daß er zu Staccangar in den Jahren 1798 bis 1804 viele Nordlichter gesehen, aber nie ein Geräusch dabei wahrgenommen habe, später von 1806 bis 1817 in Friedrichstadt habe er sie seltener beobachtet und glaube bei einem vorzüglich starken allerdings einmal ein Geräusch gehört zu haben. Mit Bestimmtheit erinnere er sich jedoch an folgende Thatsache. Im Jahre 1818 ging er in der

<sup>1</sup> Reise nach den nördlichen Gegenden von Rußland. Berlin 1807. S. 70.

<sup>2</sup> Schweigger's Journ. N. F. XV. S. 90.

<sup>3</sup> Phil. Trans. 1784.

<sup>4</sup> G. LXVII. 81.

<sup>5</sup> Edinburgh Journal of natural and geographical Science. N. S. No. IV. p. 226.

<sup>6</sup> Schweigger's Journ. N. R. XV. S. 91. XVI. S. 208.

<sup>7</sup> Tidsskrift for Naturvidenskaberne; udgivet af H. C. Oerstedt, J. W. Hornemann, J. Reinhardt. Heft 9.

<sup>8</sup> Sillimann Amer. Journ. of Science. XIV. p. 91.

<sup>9</sup> Magazin for Naturvidenskaberne. 1825. Heft 3. p. 159. Daraus in Schweigg. Journ. N. R. XXII. S. 308.

Nähe von Skien spät Abends bei wolkigem Himmel und starker Dunkelheit, wurde dann durch seinen eigenen Schatten aufmerksam darauf, daß dieser nicht durch den Mond erzeugt seyn könne, und als er sich daher nach der Ursache umsah, gewahrte er in N. O. ein starkes Nordlicht, aus dessen dunkeln Segmente sehr helle Strahlen emporschossen. Bei jedem Aufschiefen dieser Strahlen hörte er deutlich ein Geräusch, als wenn Seidenzeug aufgerollt wird. Endlich versichert auch HERTZBERG<sup>1</sup>, in Ullensvang häufig bei Nordlichtern ein Geräusch gehört zu haben.

Diese Zeugnisse für die Existenz eines Geräusches bei Nordlichtern sind so zahlreich und so gewichtig, daß es kaum möglich scheint, die Richtigkeit der Thatsache in Zweifel zu ziehen; um so viel mehr aber muß es auffallen, wie gewichtig die Gründe sind, welche dieser Ansicht entgegenstehen und wovon ich die bedeutendsten gleichfalls mittheilen muß. - Vor allen Dingen eifert PATRIN<sup>2</sup> gegen die Behauptung GMELIN's, die er als eine Folge von dessen Leichtgläubigkeit betrachtet. Auch PALLAS habe über diesen seinen Hang zum Glauben an das Wunderbare gelacht und bei seinem sechsjährigen Aufenthalte in Sibirien kein Geräusch bei Nordlichtern wahrgenommen. MAIRAN erwähne bei seinen Untersuchungen über das Nordlicht ein solches Geräusch nicht, er selbst, nämlich PATRIN, habe während der neun Jahre seines Aufenthalts an verschiedenen Orten in Sibirien viele sehr schöne Nordlichter gesehen und dabei mit vorzüglicher Aufmerksamkeit auf jenes angebliche Geräusch gehorcht, aber nie das geringste Geräusch oder leiseste Knistern gehört. Nirgends gebe es mehr und lebhaftere Nordlichter, als in Grönland und Island, aber EGEDE habe sich 15 Jahre im ersteren Lande aufgehalten und HORREBOW 116 Nordlichter in letzterem beobachtet, aber keiner von beiden erwähne ein solches begleitendes Geräusch. Auch JOHN STEWARD sage nicht, daß er selbst dasselbe gehört habe, sondern theile bloß die darüber bestehende Volkssage mit. Auffallend ist es allerdings, daß BRAUN in seinem oben (unter b) bereits mitgetheilten Verzeichnisse der von ihm selbst und GMELIN in Sibirien

1 Magazin for Naturvid. 1826. Hft. 1. p. 145. Daraus in Schweigger's J. u. a. O. S. 310.

2 Biblioth. Brit. XLV. 89. Daraus in G. XXXVII. 340.

beobachteten Nordlichter dieses Geräusch mit keiner Sylbe erwähnt. T. BRAGMANN<sup>1</sup> verwirft die Angabe von einem Brausen bei den Nordlichtern, L. von BUCH<sup>2</sup> aber sagt ausdrücklich: „Ein Zischen, ein Brausen oder überhaupt nur das geringste Geräusch haben aufmerksame Beobachter weder in Nordland noch in Finmarken je dabei bemerkt. Ich habe danach viele bis zum Nordcap hin befragt, allein sie versicherten einstimmig, daß sie nur stille Nordlichter kannten und nie etwas von Geräusch dabei erfahren hätten.“ Eben so sagt auch HAUSMANN<sup>3</sup> bestimmt, daß er bei dem großen Nordlichte am 26. März 1807 in Norwegen unter 62° 30' N. B. das vorgebliche Geräusch nicht gehört habe. DOBBIE<sup>4</sup> behauptet viele Nordlichter gesehen und dabei auf das vorgebliche Geräusch geachtet, dasselbe aber nie wahrgenommen zu haben, weswegen er glaubt, daß diejenigen, die davon erzählen, nur dasjenige wiedergeben, was sie aus falschen Traditionen entnahmen, oder daß sie durch andere begleitende Erscheinungen getäuscht wurden. Zur Unterstützung dieser Meinung führt er das nämliche Argument an, auf welches sich auch PATAIN beruft, nämlich daß die Nordlichter so hoch und in so sehr verdünnter Luft sich befinden sollen, daß unmöglich von dort her auch der stärkste Schall zum Ohre des Beobachters gelangen, ja überhaupt daselbst nicht erzeugt werden könne.

Wenn schon diese Argumente den Glauben an die behauptete Erscheinung wankend zu machen vermögen, so muß dieses noch mehr durch viele andere geschehen, welche rücksichtlich der örtlichen Verhältnisse und der Genauigkeit der Beobachtungen vom größten Gewichte sind. Baron v. WRANGEL<sup>5</sup> und Capitain v. ANJOU, welche mehrere Jahre die Nordlichter unter den höchsten je im sibirischen Polarmeere erreichten Breiten beobachteten, hörten nie weder ein Krachen, noch auch überhaupt ein Geräusch, und nur dann, wenn sie ungewöhnlich stark waren, glaubte ersterer ein schwaches Blasen, wie das des Windes in eine Flamme, wahrzunehmen. THIEBEMANN<sup>6</sup> hörte

1 Opp. phys. et chem. T. V. p. 297.

2 Reise durch Norwegen. Th. I. S. 361.

3 Reise durch Scand. Th. V. S. 260.

4 Tilloch's Phil. Mag. 1820.

5 Physikalische Beobachtungen u. s. w. S. 57.

6 G. LXXV. 65. Edinb. Phil. Journ. No. XX. p. 366.

bei den vielen von ihm auf Island gesehenen Nordlichtern nie ein Geräusch, auch sagten ihm solche, die mehrere Jahre auf jener Insel verlebt hatten, daß sie nie etwas der Art gehört hätten, weswegen er die Existenz eines solchen Geräusches gänzlich in Abrede stellt; ebensowenig hörte KEILHAU<sup>1</sup> bei den vielen von ihm in Finmarken beobachteten Nordlichtern jemals selbst ein Geräusch, auch leugneten die meisten Einwohner dessen Existenz, wenn gleich viele dasselbe gehört haben wollten. PARRY<sup>2</sup> und seine Begleiter horchten während ihres Winteraufenthalts im Hafen der Insel Melville auf das Geräusch, welches die Nordlichter begleiten soll, konnten aber nie eine Spur desselben wahrnehmen, und eben so versichern dieselben, daß sie zu Port Bowen eine gleiche Aufmerksamkeit darauf verwandt, aber ein gleiches verneinendes Resultat erhalten hätten<sup>3</sup>.

Man könnte gegen alle diese Zeugnisse einwenden, daß die Beobachter insgesamt von dem eigentlichen Sitze der Nordlichter entfernt waren, obgleich dieses Argument auch diejenigen treffen würde, die für die Existenz des Geräusches zeugen. Um so gewichtiger aber sind die Erfahrungen der Engländer bei ihrer Untersuchung der Nordküsten America's. HOOD<sup>4</sup> hörte in Cumberland-House bei allen den vielen von ihm gesehenen Nordlichtern nie das mindeste Geräusch, setzt aber hinzu, die Sage hiervon sey so allgemein, daß man sie unmöglich bezweifeln könne. Fast wörtlich so äußert sich FRANKLIN<sup>5</sup>, mit dem Zusatze, daß auf jeden Fall das Geräusch sehr selten seyn müsse, da er bei 200 von ihm selbst beobachteten Nordlichtern dasselbe nie gehört habe. RICHARDSON<sup>6</sup>, welcher sein eigenes verneinendes Urtheil auf eine gleich große Anzahl von Beobachtungen gründet, findet sich dennoch durch das einstimmige Zeugniß der Crees, der Kupferindianer, der Esquimaux und der früheren Residenten jener Gegenden bewogen, die Existenz dieses Geräusches in einigen Fällen anzunehmen. Später scheint übrigens FRANKLIN<sup>7</sup> in seine eigenen Beobachtungen ein grö-

1 G. XC. 621.

2 Zweite Reise zur Entdeckung u. s. w. S. 230.

3 Journal of a third Voy. p. 63.

4 Narrative of a Journey cet. p. 543.

5 Ebend. p. 553.

6 Ebend. p. 599.

7 Narrative of a second Exped. App. VII.

fseres und definitiv entscheidendes Vertrauen gesetzt zu haben, indem er erwähnt, daß er bei 343 am Bärensee beobachteten Nordlichtern ungeachtet der größten Aufmerksamkeit nie ein Geräusch gehört habe. Eine sehr wichtige Auskunft über das ganze Phänomen aber wird durch HOON<sup>1</sup> mitgetheilt. Dieser hörte wirklich bei einem Nordlichte am 11. März 1821 zu Fort Enterprise wiederholt ein Geräusch, wie von schnell bewegten Flintenkugeln, wurde aber durch einen gewissen WETZEL belehrt, daß dasselbe eine Folge der Zusammenziehung des Eises und der harten Schneekruste bei der eingetretenen strengen Kälte nach vorausgegangener milderer Witterung sey. Wirklich stand das Thermometer damals auf  $-35^{\circ}$  F. und war die Tage vorher über dem Nullpuncte jener Scale gewesen. Am nächsten Morgen sank die Temperatur auf  $-42^{\circ}$  F. und das Geräusch wurde gleichfalls ohne Nordlicht gehört und stimmte genau mit der Beschreibung überein, welche HEARNE davon mittheilt. Auch HANSTEEN<sup>2</sup> ist keineswegs der Meinung, daß bei jedem Nordlichte ein Geräusch gehört werden müsse, vielmehr meint er, daß nur diejenigen Beobachter dasselbe zuweilen wahrnehmen könnten, die sich mitten in den Strahlen desselben befänden, weil es zu schwach sey, um in einiger größerer Entfernung vernommen zu werden. Will man indeß hiergegen auch nicht geltend machen, daß in einigen Fällen zwar nur ein Rauschen, wie von gährenden Stoffen, ein Zischen, ein Knistern, in andern dagegen ein wirkliches Krachen gehört worden seyn soll, so daß die ungleiche Stärke des Getöses auch auf verschiedene Entfernungen wahrnehmbar seyn müßte, so muß es auf jeden Fall befremdend scheinen, daß bei dem grofsen, an so vielen Orten beobachteten Nordlichte am 7. Januar 1831 nirgends eine Spur dieses Geräusches wahrgenommen wurde, und die ganze Sache muß im höchsten Grade unwahrscheinlich werden, wenn die Meteore von solcher Gröfse nirgends eine Spur des allerdings problematischen Getöses geben. Namentlich hatte damals der Nordlichtbogen in Christiansand nur etwas über  $11^{\circ}$  Abstand vom Zenith, die Lichtstrahlen waren ebensoweit am südlichen, als am nördlichen Horizonte sichtbar

---

1 Narrative of a Journey cet. p. 585.

2 Phil. Mag. and Ann. T. 41. p. 340.

und bei der Stärke und anhaltenden Dauer derselben hätte nothwendig dieses Geräusch wahrnehmbar seyn müssen.

Bei so gewichtigen, einander geradezu entgegengesetzten Autoritäten ist es allerdings sehr schwer, ein entscheidendes Urtheil zu fällen. Betrachtet man die Sache im Allgemeinen, so haben allerdings die Vertheidiger des Geräusches insofern etwas für sich, als sie sagen können, es werde ja nicht behauptet, daß jedes Nordlicht von einem Getöse begleitet seyn müsse, dennoch aber könne es allerdings dann stattgefunden haben, wenn die Beobachter dasselbe wahrnahmen. Im Grunde ist dieses die Meinung ARAGO's<sup>1</sup>, wenn er sagt, die affirmirenden Behauptungen hätten auf jeden Fall ein Uebergewicht über die negirenden, insofern niemand eigentlich behaupten kann, eine Sache existire nicht, weil er und andere sie nicht wahrgenommen hätten. So richtig dieser Satz übrigens an sich ist, so darf dennoch im vorliegenden Falle nicht übersehen werden, daß das Geräusch kein zufälliges, das Nordlicht begleitendes Phänomen seyn soll, sondern mit ihm in einen ursächlichen Zusammenhang gesetzt wird, mithin auch unter den erforderlichen Bedingungen nicht fehlen sollte. Es sind aber nach den aufgezählten Zeugnissen Nordlichter in so überwiegend großer Zahl und unter den denkbar günstigsten Umständen von den aufmerksamsten Beobachtern mit vorzüglicher Rücksicht auf das begleitende Geräusch gesehen worden, ohne dasselbe zugleich wahrzunehmen, daß hiernach unmöglich ein Causalnexus zwischen beiden angenommen werden kann, und so würde also nichts weiter als ein zufälliges Zusammentreffen beider Erscheinungen übrig bleiben, worauf noch außerdem die angegebene Beobachtung von HOON führt, wonach das wahrgenommene Getöse durch das Zusammenziehen des Eises verursacht wurde.

Wenn ich alles dieses zusammennehme, so scheint mir über diesen fraglichen Punct folgende Entscheidung die richtige zu seyn. Die Aussagen GMELIN's und der Grönlandsfahrer von einem heftigen Krachen sind als übertriebene und unbegründete Angaben gänzlich in das Gebiet der Fabeln zu verweisen. Auf gleiche Weise beruhen eine Menge von Wahrnehmungen des begleitenden Geräusches insofern auf einem Irrthume, als man das Zusammenziehen des Eises und der harten Schneekruste

1 Ann. Ch. Phys. XXXIX. p. 414.

durch veränderte Temperatur, das Bersten und Zusammenstoßen des Eises auf benachbarten Meeren, mitunter auch das Brausen des Windes in höheren Regionen deswegen dem Nordlichte zuschrieb, weil beide Erscheinungen zufällig zusammentrafen. Zugleich wird aber aus der zunächst folgenden Untersuchung hervorgehen, daß zwar kein beständiger und nothwendiger Zusammenhang zwischen dem Nordlichte und der Witterung stattfindet, daß aber beide dennoch allerdings in einer gewissen ursächlichen Verbindung stehen, woraus leicht eine Luftbewegung in den obern Regionen und das daselbst nicht selten stattfindende Brausen gleichzeitig mit dem Nordlichte bedingt werden kann. Sollte sich aber endlich nachweisen lassen, daß das Nordlicht ein elektrisches Meteor sey, so könnte dasselbe sich in der Regel immerhin bloß als leuchtend zeigen, in einigen Fällen würde aber allerdings auch ein solches Getöse stattfinden können, wie die überströmende Elektricität auch sonst wohl zu zeigen pflegt, worauf verschiedene der angegebenen Aussagen bestimmt deuten. So möchte ich namentlich das im August 1827 zu Rochester gehörte Getöse für entfernte donnerartige Explosionen und den beobachteten Nordlichtschein für ein anhaltendes Wetterleuchten halten, um so mehr, als auch am 23. Aug. 1821 zu Belleville in Inverness-Shire ein Nordlicht als ein Theil des zugleich beobachteten Gewitters wahrgenommen wurde <sup>1</sup>.

#### f) Zusammenhang mit der Witterung.

Wenn von einem Zusammenhange der Nordlichter mit der Witterung geredet wird, so versteht man darunter in der Regel nur diejenigen, welcher zwischen diesen Meteoren und den auf sie folgenden Wetterveränderungen stattfinden möchte, weniger dagegen hat man bisher die Frage berücksichtigt, ob die Nordlichter durch eine gewisse Witterungsdisposition voraus verkündigt werden, und noch weniger, ob sie in der Regel von einer gewissen eigenthümlichen Beschaffenheit der Atmosphäre begleitet sind. Man hat die beiden letzteren Fragen stets als unbedeutend vernachlässigt, indem vorausgesetzt wird, daß die Nordlichter bei jeder Witterungsdisposition erscheinen können, durch die Trübung des Himmels aber unsichtbar werden und

---

1 G. LXXV. 86.



auf jeden Fall an den Beobachtungsorten eine sehr heitere und klare Atmosphäre voraussetzen. Inzwischen scheint mir aus sehr zahlreichen Beobachtungen hervorzugehen, daß gerade Letzteres nicht der Fall ist, und ich werde daher diese Frage einer besondern Untersuchung unterwerfen, wenn ich zuvor nachgewiesen habe, daß die Nordlichter wahrscheinlich nicht ganz ohne Beziehung auf die nachfolgende Witterung sind.

Von den frühesten bis auf die neuesten Zeiten widersprechen sich die Aussagen über die Wetterveränderungen, welche die Nordlichter nach sich ziehen. Nach CHRIST. WOLF<sup>1</sup> will OLAUS RÖMER von den Bewohnern derjenigen Gegenden, in denen die Nordlichter häufig vorkommen, gehört haben, daß große Kälte auf dieselben folge, wenn sie sich vor dem Winter zeigen, im Frühlinge dagegen sollen sie einen trocknen Sommer verkündigen; er selbst aber ziehe diese Erfahrung in Zweifel. BERGMANN<sup>2</sup> findet keinen Zusammenhang zwischen den Nordlichtern und der Witterung, aus einer Vergleichung der älteren, namentlich in Frankreich durch GASSENDI, MARALDI, LEMONNIER, GODIN, MAIRAN und andere beobachteten Verhältnisse der Witterung zu den Nordlichtern ging kein anderes, als ein verneinendes Resultat hervor<sup>3</sup>, auch sagt SERTORIUS<sup>4</sup> ausdrücklich, daß zwischen beiden gar kein Zusammenhang stattfindet; HELL<sup>5</sup> dagegen glaubte wahrgenommen zu haben, daß sie Kälte verkündigten, und PATRIN<sup>6</sup> meint, sie zeigten sich nur bei großer Kälte von etwa — 20° bis — 30° R., eine Behauptung, welche vielleicht für Sibirien paßt, in Beziehung auf andere Orte, namentlich unter niederen Breiten, und auf die in den wärmeren Jahreszeiten erscheinenden Nordlichter aber durch die gemeinsten Erfahrungen widerlegt wird. Nach WIEN<sup>7</sup> folgen auf die Nordlichter jederzeit westliche oder südwestliche Stürme, auch Wolken und Regen, ja er behauptet, dieses sey innerhalb 24 bis 30 Stunden allezeit der Fall, denn

1 Gedanken über das ungewöhnliche Phänomen u. s. w. Halle 1716. 4. 8. 29.

2 Schwed. Abhandl. Th. XXVI. S. 269.

3 Encyclop. meth. T. I. p. 356.

4 Dissert. de aurora boreali. p. 7.

5 Encyclop. meth. a. a. O.

6 Bibl. Brit. XLV. p. 89.

7 Phil. Trans. 1774. T. LXIII.

seitdem er angefangen habe, darauf zu achten, sey der Erfolg 23mal nach einander stets derselbe geblieben. L. v. BUCH<sup>1</sup> hörte von einem gewissen SCHYTTÉ, die niedrigen Nordlichter seyen Vorläufer von heiterem Wetter, hohe, bewegte, strahlende und flackernde dagegen Vorboten von Stürmen; jedoch zweifelt er selbst an der Richtigkeit dieser Behauptung. Auf das von HAUSMANN am 26. März 1807 gesehene Nordlicht folgte Sturm, welchen er einen sehr gewöhnlichen Nachfolger dieser Meteore nennt<sup>2</sup>; inzwischen könnte man diese einzelne Erfahrung dem bloßen Zufalle zuschreiben. Aber auch SCORESBY<sup>3</sup> hörte von einem der Lerwick Lootsen, daß auf die ruhig am Horizonte verweilenden Nordlichter heiterer Frost folge, auf die glänzenden, nach S. W. sich ausdehnenden Sturmwind aus jener Gegend; je höher sie ferner zum Zenith aufschössen und je glänzendere Farben sie zeigten, desto heftiger sey auch der auf sie folgende Sturm. Die erste und letzte Bemerkung fand SCORESBY durch wiederholte Erfahrungen bestätigt, über die mittleren getraut er sich aber nicht zu entscheiden. Baron v. WRANGEL<sup>4</sup> erfuhr von den Bewohnern der Nordküste Sibiriens, daß auf die Nordlichter Wind von derjenigen Seite her folge, wo sie sichtbar wären, fand dieses aber selbst nicht bestätigt. Dagegen sagt FARQUHARSON<sup>5</sup>, daß westliche oder südwestliche Stürme das Meteor begleiten oder darauf folgen; eben so berichtet STEWARD<sup>6</sup> von der St. Lorenz-Bucht, daß die Nordlichter dort Südwind und Regen verkündigen, und DE LA PILAYE<sup>7</sup> von Terre-Neuve, daß man dort am zweiten Tage nach einem starken Nordlichte sicher auf Sturm rechnen könne. Wichtiger noch ist das Zeugniß HERZBERG's<sup>8</sup>, welcher aus Ullensvang berichtet, er habe gehört, daß starke Nordlichter Kälte verkündeten, die ruhigen dagegen das Fortbestehen des herrschenden Wetters, wie dasselbe auch seyn möge, daß auf stark

---

1 Reisen. Th. I. S. 361.

2 Reise durch Scand. Th. I. S. 260.

3 Account of the Arct. Reg. cet. T. I. p. 418.

4 Physikalische Beobacht. S. 59.

5 Phil. Trans. 1829. p. 117.

6 G. LXVII. 36.

7 Mém. de la Soc. Linn. T. IV. p. 463.

8 Magazin for Naturvidens. 1826. Heft 1. p. 145. Daraus in Schweigg. Journ. N. R. XXII. S. 310.

flackernde aber Wind folge, wie er aus eigener Erfahrung gleichfalls entnommen habe. Aus einer Zusammenstellung von 25 Nordlichtern, welche von ihm selbst während 27 Jahren beobachtet worden waren, ergiebt sich, dafs auf 11 keine Kälte folgte, bei 14 aber das Thermometer unter dem Gefrierpunkte stand oder Kälte darauf folgte; war aber das Nordlicht stark und erstreckte es sich bis südlich vom Zenith, so folgte schlechtes Wetter und Wind. Endlich sagt HENDERSON<sup>1</sup>, die Einwohner Islands betrachteten die starken, flackernden Nordlichter als sichere Vorboten von Stürmen, und nach seiner eigenen Erfahrung traten auch wirklich plötzliche Windstöße oder Sturm aus Norden sicher binnen 24 Stunden ein; THIENEMANN<sup>2</sup> dagegen sucht aus der Zusammenstellung einer grofsen Menge durch ihn selbst beobachteter Nordlichter und der gleichzeitigen Wetterveränderungen den aufgestellten Satz zu beweisen, dafs beide in gar keinem Zusammenhange stehen, allein unter 20 von ihm angegebenen Nordlichtern folgten auf 8 wässerige Niederschläge, auf 11 südlicher Wind und bei 12 wird eine Aenderung in der Richtung des Windes angemerkt, welche Thatsachen eher das Gegentheil der aufgestellten Behauptung andeuten, als dieselbe unterstützen.

Es ist allerdings schwierig, aus diesen verschiedenen und zum Theil sich widersprechenden Angaben ein genügendes Resultat aufzufinden, inzwischen scheint mir folgendes mit ziemlicher Sicherheit daraus hervorzugehen. Es findet allerdings kein so nothwendiger Zusammenhang zwischen den Nordlichtern und einer bestimmt bestehenden oder sich verändernden Witterung statt, dafs beide allezeit oder bei weitem in den meisten Fällen durch einander bedingt würden, allein dennoch läfst sich ein in den meisten Fällen nachweisbares Verhältnifs beider nicht wohl verkennen, indem auf die Mehrzahl der Nordlichter Wind oder vorzüglich eine Veränderung in der Richtung desselben zu folgen pflegt. Diese Folge scheint mir indess nicht sowohl eine Wirkung des Nordlichts zu seyn, als vielmehr auf einer gemeinschaftlichen Verbindung beider zu beruhn. Allerdings kann nämlich das Nordlicht nur dann sichtbar seyn, wenn der Himmel im Allgemeinen nicht mit dicken

1 Iceland. Edinb. 1819. p. 277.

2 C. LXXV. 64.

Wolken bedeckt ist, indem es von dieser Regel keine oder nur sehr seltene Ausnahmen giebt, allein die sehr allgemein herrschende Ansicht, daß die Stellen, welche die Theile dieses Meteors einnehmen, eine gänzliche Abwesenheit selbst der feinsten Wölkchen und alles leichten Dunstes in der Atmosphäre voraussetzen, ist so wenig begründet, daß vielmehr die Anwesenheit der letztern als regelmässig stattfindende, wo nicht als nothwendige Bedingung zu betrachten scheint. Zwar nimmt man die vorhandenen feinen Wölkchen nur selten oder fast gar nicht wahr, eben weil sie durch das Nordlicht erleuchtet dem Auge sich entziehen oder einen Theil des Meteors auszumachen scheinen, allein dieses beweist nichts gegen ihre Existenz und geht es hiermit ungefähr eben so, als bei einem andern bekannten Phänomene, nämlich daß das sehr wohl kenntliche feine Gewölk am Himmel so lange sehr verdünnt oder ganz verschwunden zu seyn scheint, als es sich vor der stark leuchtenden Scheibe des Mondes befindet. Ich werde diesen nach meiner Ansicht sehr wesentlichen Satz nur durch wenige, aber desto gewichtigere Zeugnisse unterstützen.

Es kann bei dieser Untersuchung von keiner großen Bedeutung seyn, nachzuweisen, daß das Nordlicht an verschiedenen Orten, z. B. namentlich in Petersburg, in Schweden, in England u. s. w., gesehn wurde, während nach der Aussage der Beobachter gleichzeitig Gewölk am Himmel war, denn es müßte dieses wohl als etwas Zufälliges betrachtet werden und ließe sich dagegen anführen, daß so oft eben dort und auch unter niedrigern Breiten diese Meteore sich bei heiterer, ja dem Anscheine und dem Zeugnisse der Beobachter nach bei ganz reiner Atmosphäre zeigten; allein an denjenigen Orten, wo sie so zahlreich und fast täglich erscheinen, kann eine solche vollkommene Heiterkeit des Himmels schon dieser Menge wegen nicht allezeit stattfinden. Ausserdem aber erzählt FRANKLIN<sup>1</sup> ausdrücklich, daß sie zu Fort Enterprise unter 64° 30' N. B. oft bei dunstigem (*hazy*) Himmel entstehn, namentlich aber war am 13. Febr. 1821 der Himmel so bedeckt, daß kein Stern gesehn und bloß die Ränder des Mondes (am 4ten Tage vor Vollmond) undeutlich wahrgenommen wurden, dennoch aber zeigte sich das Nordlicht vorzüglich glänzend. Wichtiger noch

---

1 Narrative of a Journey p. 559.

für den vorliegenden Zweck ist die Bemerkung eben dieses genauen Beobachters<sup>1</sup>, daß die Wolken am Tage zuweilen die Form der Nordlichter annahmen, weswegen er sich geneigt fühlt, die Bildung dieser Wolken mit der gleichzeitig wahrgenommenen Abweichung der Magnetnadel in Verbindung zu bringen. Er setzt dann hinzu, daß er anfangs die Idee gehabt habe, auf die sehr lebhaften Nordlichter folge Sturm, aber seine ausgedehnten Beobachtungen zu Fort Enterprise hätten ihn von dieser Meinung zurückgebracht, obgleich die Einwohner jener Gegend aussagten, das Nordlicht habe einen entscheidenden Einfluß auf die Witterung des folgenden Tages, indem namentlich die hellen und sehr beweglichen Wind verkündigten, die ruhigen und weit ausgebreiteten aber gelindes Wetter. Hood<sup>2</sup> konnte nach seinen genauen Beobachtungen zu Cumberland-House und Fort Enterprise keinen Einfluß der Nordlichter auf die Witterung zugestehn, dagegen aber glaubt er, daß die Art des Wetters und die Beschaffenheit der Atmosphäre einen Einfluß auf diese Meteore ausüben müsse, wie auch nothwendig folge, wenn man den Sitz derselben in nicht beträchtlicher Höhe über der Erde annehme. Hiermit stimmt das Zeugniß RICHARDSON'S<sup>3</sup> genau überein, welcher einräumt, daß die Beobachtungen der die Expedition mitmachenden Reisenden zu Fort Enterprise nicht lange genug fortgesetzt wurden, um die Meinung der dortigen Einwohner mit Sicherheit zu bestätigen oder zu widerlegen. So viel glaubt er jedoch aus dem, was er so oft mit größter Genauigkeit wahrgenommen habe, als gewiß versichern zu können, daß das Nordlicht stets von solchen feinen Cirro-Stratus-Wolken begleitet sey oder ihnen vorhergehe, welche tief in der Atmosphäre herabkommend dem obern Theile des Himmels ein dunstiges (milchiges, *hazy*) Ansehen geben, tiefer nach dem Horizonte herab aber eine Art Nebelbank bilden<sup>4</sup>. Am lebhaftesten war das Nordlicht, wenn

---

1 Narrative of a Journey p. 552.

2 Ebend. p. 543 und 585.

3 Ebend. p. 596.

4 RICHARDSON, HOOD und FRANKLIN kannten das Nordlicht hauptsächlich aus der Beschreibung DALTON'S in REES'S Cyclopaedia, wie ersterer ausdrücklich bemerkt, und mußten bei der hohen Achtung, worin dieser geistreiche Naturforscher in England steht, im Voraus geneigt seyn, dessen Meinungen bestätigt zu finden; ihre Beobach-

diese Wölkchen nicht Dichtigkeit genug hatten, um für sich wahrgenommen zu werden, sondern bloß durch einen Hof um

nungen verdienen daher in allen denjenigen Punkten vorzügliche Beachtung, in denen sie von jenem abweichen. Außerdem sahen sie das Nordlicht sehr häufig, hatten hinlängliche Zeit und betrachteten es als einen der Hauptzwecke ihrer Reise, dieselben genau zu erforschen, wozu noch obendrein kommt, daß jene Orte unter die hierzu geeignetsten auf der ganzen Erde gehören. Endlich controlirten sie sich gegenseitig, und da sie namentlich in Beziehung auf den Zusammenhang der feinen Wolken und der Nordlichter mit demjenigen übereinstimmen, was v. WRANGEL an einem gleichfalls sehr günstigen Orte wahrgenommen zu haben versichert, so scheinen mir alle diese Umstände wichtig genug, einen Auszug aus dem ausführlichen Berichte RICHARDSON's über das Nordlicht am 18. Dec. 1820 mitzutheilen. Das Thermometer stand am Mitternacht auf  $- 87^{\circ}$  F. und der leichte Wind wechselte schnell zwischen S. W. und W. B's 11 Uhr 30 Min. war der Himmel völlig klar und alle Sterne schienen hell, dann aber wurde er mit denjenigen Wolken überzogen, welche die Schiffer silberweiß und blau gestreift (*mackevel sky*) nennen, vermischt mit kleinen Theilen der sogenannten Pferdeschweife (*mare tails*), beide am übrigen blauen Himmel zerstreut. Beide Wolkenarten waren nicht dick genug, um die größeren Sterne gänzlich zu verbergen, verbreiteten sich aber in weniger als 15 Min. über den ganzen Himmel. Bei aufmerksamer Beobachtung sah man, daß die erstere Classe von Wolken von ihren runderen Theilen Streifen quer durch die blauen Zwischenräume nach den gleichartigen Wolken sendeten, um sich mit ihnen zu vereinigen. In dem Augenblicke der Verbindung wurde ein gelbes, ins Röthliche spielendes Licht in der Mitte der Wolken frei, welches mit verminderter Helligkeit sich bis zu den Rändern verbreitete; kaum aber konnte diese Beobachtung aufgezeichnet werden, als ein Lichtbogen, durch das Zenith gehend und mit beiden Schenkeln in O. und W.  $50^{\circ}$  vom Horizonte entfernt, gesehen wurde. Er war 8 bis  $4^{\circ}$  breit, von blaß goldgelber Farbe, und als er aufgehört hatte Licht auszusenden, wurde seine Stelle durch eine Lage kleiner flockiger Wolken, etwas dichter als die beschriebenen, eingenommen. Der Mond im Süden beschien diese, aber sie waren zu dünn, um eine dunkle Seite zu zeigen. Eine Viertelstunde später erhob sich eine etwas rundere Wolkenmasse in S. O., aus welcher in 8 bis  $10^{\circ}$  Höhe mehrere horizontale, etwas gekrümmte Lichtstrahlen hervorschoßen. Im Ganzen schienen die Wolken von beiden Seiten des Horizontes, wo ihre untern Punkte mit dem magnetischen Meridiane rechte Winkel bildeten, zu convergiren, während die silberweißen Flocken sich im Zenith erhielten. Um Mitternacht wurden die Wölkchen etwas dicker, warfen das Mondlicht stark zurück, wurden aber unsichtbar, wenn sie vor diesem Himmelskörper vorbeigingen. Gleich nach Mitternacht wurde der

den Mond oder durch das von ihnen reflectirte Licht dieses Himmelskörpers sichtbar wurden. Das Nordlicht könne also mittelbar und insofern diese Wolkenart als Vorzeichen der Witterung diene, gleichfalls dafür gelten. Hiermit in Verbindung steht dann auch das bemerkenswerthe Ereigniß, daß am 26. Nov. der Himmel während der ganzen Dauer des Nordlichts vollkommen klar schien, dennoch aber ein feiner Schnee fiel, dessen einzelne Theilchen mit unbewaffneten Augen nicht bemerkbar waren und bloß dann sichtbar wurden, wenn sie auf der Haut schmolzen, ein Phänomen, welches sich nachher mehrmals erneuerte<sup>1</sup>. Auch während der zweiten Reise an den Nordküsten America's in der Gegend des Bärensees und des Fort Franklin machten die nämlichen Reisenden die Bemerkung, daß das Erscheinen der Nordlichter mit der Anwesenheit feiner Wölkchen am Himmel verbunden zu seyn pflegt<sup>2</sup>. Sie sagen nämlich bestimmt, die Nordlichter seyen nicht bloß lebhafter und von einem stärkeren Einflusse auf die Magnetnadel, wenn feine Wölkchen am Himmel sind, sondern schienen auch aus diesen Wolken zu kommen, wenn gleich der übrige Theil der Atmosphäre sich als vollkommen klar zeigte. Zugleich wird bemerkt, daß sie lebhafter waren bei niedriger Temperatur, als bei milder

---

nördliche Theil des Himmels völlig klar und war scharf begrenzt durch die Enden der von N. nach S. sich erstreckenden Wolken, welche mit den Zwischenräumen des blauen Himmels einen von O. nach W. sich erstreckenden Bogen bildeten. Um den Mond war in einem Abstände von 10° ein schwacher Hof, als an einer hellen Stelle des Himmels in S. W. plötzlich ein Fleck gelblich weißen Lichtes sichtbar wurde, an Helligkeit schnell zunahm und dann einen Lichtstrahl aussendete, welcher über den Rand des Wolkenbogens wegging, diesen erleuchtete und südlich vom Zenith endigte, so daß er etwa einen halben, nach W. gekrümmten Bogen bildete, kaum vollendet aber zerfiel er in einzelne Theile, die nach und nach verschwanden, ohne die Gestalt der Wolken zu ändern, welche fortfuhren, sich südlich zu bewegen, so daß der Himmel allmählig sich ganz hell zeigte. Unter den dickern Wolken schwebten einige sehr feine, welche wiederholt ein schwaches orangefarbenes Licht ausströmen ließen. Obgleich endlich die dickern Wolken sich am südlichen Himmel im Mondlichte sehr kenntlich anhäuften, konnte man dennoch die größern Sterne deutlich hindurchsehn.

1 Narrative of a Journey cet, p. 600.

2 Narrative of a Second Expedition. App. VII.

Witterung, indem ein lebhaftes und farbiges selten wahrgenommen wurde, wenn das Thermometer über 0° F. stand.

Nicht bloß den genannten Reisenden verdanken wir die Kenntniß dieser hier zur Untersuchung gebrachten Thatsache, auch ist dieselbe keineswegs ausschliesslich jenen Gegenden eigenthümlich, sondern es kostet durchaus keine Mühe, eine Menge anderer Zeugnisse aus den verschiedensten Orten aufzufinden, sobald man dieselben nur aufzusuchen anfängt, so daß ich bloß einige der bedeutendsten mitzutheilen mir erlaube. KRAFT<sup>1</sup> bemerkt in Folge seiner zahlreichen zu Petersburg angestellten Beobachtungen, daß das Nordlicht keineswegs völlig heiteren Himmel erfordere, vielmehr oft am wolkigen erscheine. Von dem Vorhandenseyn solcher feiner Wolken redet MUSCHENBROEK<sup>2</sup> und behauptet, daß sie oft das Nordlicht begleitend sich von Norden nach Süden bewegten oder nach dem Verschwinden desselben am Himmel sichtbar wären, BERTHOLON<sup>3</sup> aber berichtet in Gemälsheit zahlreicher eigener und fremder, insbesondere älterer Beobachtungen, daß das Nordlicht häufig von Wolken begleitet sey, indem diese namentlich in größserer Menge und dichter aufgehäuft den ganzen Horizont zu umlagern und sich von hier aus stets dünner werdend nach dem Zenith hinzuziehen pflegten. Vorzüglich wird dieses Umstandes bei der Beschreibung ausgezeichnet leuchtender Nordlichter gedacht. WARGENTIN<sup>4</sup> theilt einen Bericht GISSLER's mit, welcher im nördlichen Schweden die Erfahrung gemacht hatte, daß in jenen Gegenden die Menschen auf hohen Bergen oft von einem dem Nordlichte ähnlichen Nebel überfallen würden, ja daß ein solcher weißgrauer, etwas ins Grünliche fallender, sehr durchsichtiger Nebel von der Erde aufzusteigen und sich in ein Nordlicht zu verwandeln pflege. Diese allerdings höchst auffallende Angabe kommt auf eine merkwürdige Weise mit einer andern sehr gut begründeten überein. Als BLACKADER<sup>5</sup> nämlich am 16. Jan. 1827 zu Edinburg ein von N. W. heraufziehendes Nordlicht beobachtete, fand sich nachher, daß nach dieser

1 Nov. Comm. Pet. T. III. p. 390.

2 Introd. §. 2493. Vergl. §. 2499.

3 Encyclop. meth. Art. Aurore bor.

4 Schwed. Abhandl. Th. XV. S. 86.

5 Edinb. Phil. Journ. N. Ser. N. VI. p. 342.



Gegend hin zu Ayrshire stürmisches Wetter mit Blitz und Donner stattgefunden hatte. Auch damals überzog sich der Himmel während des Meteors mit dünnem Gewölk, zwischen welchem er das Licht desselben wahrnahm, auch schien es selbst sehr niedrig zwischen diesen Wolken zu seyn. Am 9. Sept. desselben Jahres sah man zu Canonmills nach Mittag, während der Wind eine westliche Richtung annahm, den nördlichen Himmel sich aufklären, indem die aufsteigenden Wolken einen Bogen bildeten, welcher sich mehr nach Norden hinzog und etwa 20° Höhe erreichte. Unter diesem verbreiteten sich sehr dünne Flockenwolken, aus denen ein schwaches Licht ausströmte und in eigentlichen Strahlen aufschoss, die man um so mehr für nordlichtartig halten mußte, als dieses Meteor sich am Abend in seinem vollen Glanze zeigte. Die Beobachter waren geneigt, die Bewegungen der feinen Cirrus-Wölkchen mit denen der Nordlichtstrahlen in Verbindung zu setzen, auch folgte auf dieses, eben so wie auf ein früheres am 29. Aug., eine Veränderung des Windes und der Eintritt regnerischer Witterung<sup>1</sup>. FARQUHARSON<sup>2</sup> zu Alford in Aberdeenshire schließt aus seinen zahlreichen Beobachtungen, daß das Nordlicht in der Regel von feinen Wölkchen begleitet sey oder diese sich nach dem Erscheinen desselben erzeugen, eben so THIENEMANN<sup>3</sup> nach seinen auf Island gemachten Erfahrungen, ja dieser glaubt, daß die in dem obersten Theile der Atmosphäre als Bogen, Streifen und Flocken sichtbaren Wolkenschichten den Nordlichtern zum Substrat dienen, und auch v. WRANGEL<sup>4</sup> bemerkt, daß die Nordlichtstrahlen, wenn sie bis ins Zenith kommen, in Gestalt leichter Wolken verschwanden, welche weißlich blieben und oft am folgenden Tage noch sichtbar waren.

Es verlohnte sich kaum der Mühe, noch weitere Zeugnisse beizubringen, wäre es nicht, um die Gewisheit und Allgemeinheit der Sache mehr zu bekräftigen. GILBERT<sup>5</sup> beobachtete, daß einige Theile des Lichtbogens vorzüglich hell wurden, sich ablösten, aufwärts zogen und allmählig verschwanden; in der

1 Edinb. Phil. Journ. N. Ser. No. VI. p. 380.

2 Ebend. p. 392.

3 Edinb. Phil. Journ. XX. p. 366. G. LXXV. 61.

4 Physikalische Beobachtungen. S. 57.

5 Dessen Ann. XVIII. 256.

Gegend des Arkturs aber war das Nordlicht vorzüglich hell und eben dort standen einige feine Strichwolken, die den Stern zuweilen verdunkelten. Auch nach DUFIN<sup>1</sup> war am 19. Sept. 1817 während des Nordlichts der Himmel nicht frei von Dünsten und am nördlichen Theile desselben stand eine kleine Wolke, an der die Lichtbündel wie an einer Klippe stehen blieben. Man hat auch oft bemerkt, daß die an sich heitere Luft bei Nordlichtern in schnellen Wechseln getrübt wird, welches HANSTEEN als wahrscheinliche Folge einer Verdichtung des vorhandenen Wasserdampfes betrachtet. In der That würde es, wie mir scheint, nicht zu viel behauptet seyn, wenn man annehmen wollte, daß sich bei jedem Nordlichte einige dasselbe begleitende Wolken am Himmel zeigen oder leichte, nicht eigentlich trübende Dünste den Zustand der Atmosphäre modificiren, wie dieses auch dann der Fall ist, wenn die Fixsterne hellglänzend ungewöhnlich stark scintilliren. Hierzu berechtigt nicht sowohl die Menge der so eben erwähnten Thatsachen, als insbesondere ein Ueberblick der vielen Orte, woselbst bei dem großen Nordlichte am 7. Jan. 1831 die Anwesenheit solcher Wolken oder Dünste beobachtet wurde<sup>2</sup>. In Colberg endete das Nordlicht frühzeitig mit einer Verdunkelung des ganzen Himmels, zu Berlin erhoben sich manche Lichtparthieen in Gestalt sehr weißer feiner Wolken und bewegten sich diesen ähnlich zum Zenith, in Leipzig zeigte sich schon am Nachmittage eine Nebensonne und die Sterne, durch ein Fernrohr gesehn, flackerten in Folge einer Trübung der Atmosphäre, v. HOFF fand, daß der obere Rand des Lichtbogens etwas wolkenartig Verwaschenes hatte und ein abgesonderter Lichtfleck sich von einem lockern Wölkchen nicht unterscheiden liefs, wie auch KRIES wahrnahm, eben so redet BISCHOFF von einer sich bewegenden lichten Wolke, in Versailles wurde eine ähnliche Erscheinung gesehn, eben so in Gosport, ich selbst aber habe zu wiederholten Malen die schön roth erleuchteten, sehr zarten Wölkchen wahrgenommen und bin überzeugt, daß noch viel mehrere Beobachter die einzeln sich langsam bewegenden rothen Massen für erleuchtete Wölkchen gehalten haben würden, wenn nicht ihre große Durchsichtigkeit davon abgehalten hätte, die

---

1 G. LXVII. 192.

2 Nach POGGENDOFF ANN. XXII. 434 ff.

aber durchaus nichts beweist, da bekanntlich auch das Mondlicht scheinbar ungeschwächt durch dieselben dringt, wenn sie hinlänglich fein sind. In Christiansand endlich war am Nachmittage ein glatteisender Nebel gefallen und während des Nordlichts standen dicke Wolken im Norden und Süden am Himmel. Am allermerkwürdigsten, wenn auch nicht einzig in seiner Art, ist das Nordlicht vom 23. Febr. 1805, welches DALTON, ein gewifs sehr competenter Zeuge, beschreibt<sup>1</sup>. „Der Himmel,“ heift es, „war fast ganz mit dicken Wolken bedeckt, hauptsächlich im Süden, und es regnete etwas. An der Südseite des Meridians, ungefähr in 60° Höhe, wo die Wolken weniger dick zu seyn scheinen, erregte eine auffallende wankende (*vacillating*) Flamme die Aufmerksamkeit der Menschen auf der Strafe. Sie glänzte zuweilen so lebhaft, dafs man einen zum Horizonte herabgehenden Lichtstrom durch den dicksten Theil der Wolken hindurch sah, zu andern Zeiten aber wurde die ganze Südgegend wie durch einen Blitz erhellt. Das Licht erreichte das Zenith nicht, auch fehlte es an der Nordseite des Himmels, wo die Wolken gebrochen waren.“ Die nahe Verbindung, worin hiernach das Nordlicht mit dem Gewitter steht, wird durch die Ansicht FARQUHARSON's<sup>2</sup>, eines vieljährig emsigen Beobachters dieser Meteore, bestätigt. Dieser meint nämlich, dafs in der Gegend von Maray-Firth häufig ins Zenith gehende Lichtbogen gebildet werden, die vielleicht mit den in jener Gegend herrschenden westlichen Stürmen in Verbindung stünden, ja nach seinen länger fortgesetzten Beobachtungen hegt er sogar die Ansicht<sup>3</sup>, dafs das Nordlicht ein durch die Bildung der Wolken und die wässerigen Niederschläge erzeugtes Phänomen sey. Es würde indels zu tief in die Theorie dieser Meteore führen, wenn ich mich hier auf etwas anderes als die Mittheilung der Thatsachen einlassen wollte.

Endlich mufs bei dieser Gelegenheit noch der Einflufs des Windes auf das Nordlicht erwähnt werden. Die häufig vorkommenden Angaben, dafs einzelne Lichtwolken sich abgesondert und genau so am Himmel fortbewegt hätten, als gewöhn-

---

1 Nicholson Phil. Journ. T. X. p. 303. Daraus in G. XXIV. 366.

2 Phil. Trans. 1829. p. 118.

3 Ebend. 1830. p. 108.

liche vom Winde getriebene Wolken, deuten allerdings auf eine solche Ursache hin, man betrachtet diese Erscheinungen aber als dem Nordlichte eigenthümlich zugehörige Lichtphänomene. Auf gleiche Weise könnte man wohl das Aufsteigen der Lichtbögen, die sich mit ungleicher und ungleichförmiger Geschwindigkeit von Norden nach Süden zum Zenith und durch dasselbe bewegen, erklären, allein die bisherigen Beobachtungen entscheiden hierüber keineswegs genügend. Nach BORY DE ST. VINCENT<sup>1</sup> hat der Wind auf die Nordlichtstrahlen gar keinen Einfluss, weil sie demselben zuweilen entgegengehn; allein dieses Argument wird durch die bekannten nach verschiedenen Richtungen gehenden Luftströmungen in den ungleich hohen Schichten der Atmosphäre unzulässig. Bei dem Nordlichte, welches BIOT<sup>2</sup> am 27. August 1817 beobachtete, schien allerdings ein sanfter N. W. Wind das Meteor nach S. O. zu bewegen. Auch v. WRANGEL<sup>3</sup> sah im Nov. 1822, daß die Säulen eines Nordlichts bei mäßigem N. O. Winde sich gleichmäÙig nach S. W. bewegten. Mit ihrer Annäherung zum Zenith nahm ihre Geschwindigkeit zu, so daß sie ihnen näher schienen, als die Wolken gewöhnlich zu seyn pflegen, was seiner Ansicht nach keine optische Täuschung seyn konnte. Endlich berichtet auch HOON<sup>4</sup>, daß er am 27. April 1821 zu Fort Enterprise deutlich gesehn habe, wie der Wind eine Nordlichtsäule in 10 Minuten von N. O. b. O. nach S. trieb. Daß der Wind hierbei wirksam gewesen sey, scheint ihm nicht zweifelhaft, vielmehr findet er es auffallend, daß er diese Wirkung nicht schon früher erkannt habe, wovon er die Ursache jedoch darein setzt, daß der meistens seitwärts gegen den Bogen gerichtete Wind auf dessen Bewegung keinen bedeutenden Einfluss haben konnte, damals aber, weil er in nördlicher Richtung wehte, mit der Bewegung des Nordlichtbogens zusammenfiel, abgerechnet, daß in dem angegebenen Falle das Meteor der Erde vorzüglich nahe gekommen seyn möge. Wenn übrigens zugestanden wird, daß erleuchtete und insbesondere mit röthlichem Lichte erleuchtete dünne Wölkchen einen Theil

---

1 G. XIX. 252.

2 Ebend. LXVII. 19.

3 Physikalische Beobachtungen u. s. w. S. 59.

4 Narrative of a Journey cet. p. 384.

der Nordlichtphänomene ausmachen, wie so eben mindestens höchst wahrscheinlich gemacht worden ist, so folgt schon hieraus ein gewisser Einfluß des Windes auf diese Lichtparthieen nothwendig, künftige, diesen besondern Umstand besonders berücksichtigende Beobachtungen müssen jedoch entscheiden, wie weit derselbe mit Sicherheit anzunehmen sey.

Sternschnuppen sind zuweilen als zufällige Begleiter der Nordlichter wahrgenommen worden, FARQUHARSON<sup>1</sup> aber meint, daß sie sich dann häufiger zeigen, als sonst, und daß ihre Bahnen in der Richtung der Nordlichtstrahlen liegen, also der Neigungsnadel parallel seyen, weswegen beide Meteore einander zugehören schienen. Allein, diese Beobachtung steht unter den ausnehmend zahlreichen über die Nordlichtphänomene zu sehr isolirt und die Behauptung über die Richtung der Sternschnuppen widerspricht sogar genauen Messungen, namentlich von W. BRAUNES<sup>2</sup>. Noch ungleich wichtiger ist, was V. WRANGEL<sup>3</sup> in dieser Beziehung sagt, nämlich: „wenn Sternschnuppen im Bezirke der Nordlichter erscheinen, so entzündn sich an der Stelle, wo dieselben durchgingen, sogleich Feuersäulen, die dann von ihrem Entstehungsorte sich seitwärts (mit dem Winde) bewegen, und es entstehen an ihrer Stelle andere Säulen und Strahlenbündel. Daß demnach Sternschnuppen am Entzündn der Säulen im Nordlichte Antheil nehmen, ist oft von mir beobachtet worden.“ Auch hierbei möchte ich sagen, daß diese einer Täuschung so leicht unterworfenen Thatsachen zu isolirt stehen, indem es unbegreiflich bleiben würde, warum kein anderer unter den übermäßig zahlreichen Beobachtern jemals etwas Ähnliches wahrgenommen haben sollte. Im Ganzen hängt diese Thatsache mit der Theorie der Nordlichter innig zusammen und muß daher dort nochmals näher erörtert werden.

### g) Zusammenhang mit der Elektricität.

Man hat seit CANTON sehr allgemein das Nordlicht für ein elektrisches Phänomen gehalten und war daher bemüht, die Anwesenheit einer ungewöhnlich großen Menge von Elektricität

<sup>1</sup> Phil. Trans. 1830. p. 110.

<sup>2</sup> Vergl. Sternschnuppen.

<sup>4</sup> Physikalische Beobacht. S. 59.

in der Atmosphäre während der Dauer jener Meteore nachzuweisen; viele erhielten hierbei ein bejahendes, eben so viele ein verneinendes Resultat; die Geschichte dieser Forschungen zeigt, auf welchem mühsamen Wege man zu einiger sichern Entscheidung über diese Frage gelangte. CANTON<sup>1</sup> selbst, welcher das Nordlicht aus einer Ueberströmung der Elektricität von einer positiv elektrischen zu einer negativen Wolke erklärte, stützte sich hierbei auf die Erfahrung, daß er bei Nordlichtern mittelst des Elektrometers eine weit größere Menge Luftelektricität wahrgenommen habe, als sonst während der Nacht angetroffen werde. WINKLER<sup>2</sup> war zwar Anhänger der durch MAIRAN aufgestellten Hypothese, glaubte jedoch an eine Erregung der Elektricität durch den Stofs der Sonnenstrahlen gegen die Erdatmosphäre und führt einige hierauf bezügliche Erfahrungen an; MOROZZO<sup>3</sup> versichert, bei dem von ihm am 29. Febr. 1780 zu Turin beobachteten Nordlichte das Elektrometer in steter Bewegung gesehn zu haben, indem sich dessen Korkkugeln bis 5 Zolle von einander entfernten, wenn die Strahlen aufschossen, ja die Korkkugeln sollen sogar diesen Strahlen entgegenkommend in die Höhe gehoben worden seyn; BOECKMANN<sup>4</sup> behauptet, bei dem Nordlichte am 28. Juli 1783 starke Veränderungen an seinem Elektrophore wahrgenommen zu haben; auch VOLTA<sup>5</sup> fand bei einem Nordlichte die Luftelektricität mittelst des Condensators stärker, und BREWSTER<sup>6</sup> endlich hörte von einem Bekannten, daß während des Aufschießens starker Nordlichtstrahlen sich das Elmsfeuer auf der Kirchturmspitze zeigte. Allein diesen im Ganzen nicht sehr gewichtigen Zeugnissen stehen viele andere ungleich bedeutendere entgegen.

Viele der früheren Beobachter fanden die Lufterlektricität bei Nordlichtern keineswegs ungewöhnlich stark. WIEDEBURG<sup>7</sup>

---

1 Phil. Trans. XLVIII. p. 356.

2 Coniectura de vi el. vaporum solarium in lum. bor. Lips. 1763. 4.

3 Mém. de l'Acad. de Turin. T. II. p. 323.

4 Götting. Magaz. 1. Jahrg. S. 217.

5 Aus Rosier's Journ. in Gehler's Wörterb. a. A. Th. III. S. 369.

6 Edinb. Journ. of Sc. IX. p. 75.

7 Beobachtungen und Mathematischen über die Nordlichter. Jena 1771. 8.

nahm zwar unter 8 Nordlichtern, die er 1769 und 1770 beobachtete, bei dreien starke Luftelektricität wahr, aber bei zweien sehr schwache Spuren und bei den übrigen gar keine, auch zeigten im December die fast täglich erscheinenden nie eine Spur. ROMAYNE<sup>1</sup> fand eine Vermehrung der Luftelektricität nur dann, wenn sich zugleich ein Nebel erhob. BERGMANN<sup>2</sup> in Upsala fand sie selbst bei den stärksten Nordlichtern niemals vermehrt, eben so wenig PICTET<sup>3</sup> zu Umba in Lappland, ungeachtet er eine 20 Fufs hohe isolirte Stange auf einem Felsen aufgesteckt hatte, und GALLIZI<sup>4</sup> selbst nicht bei der Anwendung eines elektrischen Drachen. Auch S. P. VAN SWINDEN<sup>5</sup> meint, die Anzeigen vermehrter Luftelektricität seyen so zweideutig, dafs es richtiger scheine, gar keinen Einflufs der Nordlichter auf die Zunahme dieser Elektricität anzunehmen. Fragt man nach den Resultaten, welche die neueren Physiker in dieser Beziehung erhalten haben, so sind diese nicht zahlreich, weil sie in die Periode seltener Nordlichter fallen, allein auch diese entscheiden im Ganzen gegen den Einflufs des Nordlichts auf das Elektrometer. Es scheint mir indess überflüssig, diese einzeln aufzuzählen, weswegen ich mich blofs auf das Zeugniß HANSTEN'S<sup>6</sup> berufe, welcher aus eben diesem Grunde FRANKLIN'S Hypothese für unzulässig erklärt. Am entscheidendsten müssen aber die Resultate der neuesten, mit größter Genauigkeit angestellten Versuche seyn. Indess SCORESBY<sup>7</sup> konnte bei allen von ihm gesehenen Nordlichtern, namentlich bei einem am 20. Mai 1818, nie eine Spur von Luftelektricität am Elektrometer wahrnehmen. PARRY<sup>8</sup> und seine Begleiter fanden bei ihren vielen Beobachtungen des Nordlichts auf der Insel Melville, dafs das Blattgoldelektrometer nie dadurch zur Divergenz gebracht wurde, namentlich erwähnen sie dieses bei den am 9. Nov. 1819, am 8. Jan. 1820 und am 9. Febr. desselben Jahres gesehenen größeren, mit dem Zusatze, dafs das Elektrometer ge-

1 Phil. Trans. XLIV. p. 189.

2 Ebend. LH. p. 885.

3 Nov. Comm. Petrop. XIV. P. II. p. 88.

4 Mém. de l'Acad. de Bruxelles T. III. p. 10.

5 Recueil des Mém. sur l'analog. cet. T. III. p. 204.

6 Schweigg. Journ. N. R. XVI. 201.

7 Account of the arc. Reg. T. I. p. 383. 418.

8 Zweite Reise u. s. w. 8. 196. 224. 239.

nau beobachtet worden sey, welches noch obendrein mit einer isolirten, vom Mastkorbe bis auf das Eis herabgehenden Kette in Verbindung stand. Ein gleiches verneinendes Resultat erhielten dieselben auf ihrer dritten Entdeckungsreise<sup>1</sup>. Oft brachten sie an isolirenden Stäben eine Kette so an dem Hauptmaste an, daß eine oben mit ihr verbundene Spitze über diesen und im Ganzen 115 F. über dem Meeresspiegel hervorragte, aber das Blattgoldelektrometer zeigte am untern Ende derselben keine Spur von Elektricität; dennoch aber gab eine kleine Elektrisirmaschine sehr starke Funken. Man muß bei diesen Berichten wohl berücksichtigen, daß sich diese Reisenden oberhalb des eigentlichen Sitzes der Nordlichter befanden<sup>2</sup>, weswegen sie ihnen auch nie so nahe kamen, als ihren Landsleuten an der Nordküste des americanischen Festlandes.

Die durch diese letztern erhaltenen Resultate sind in der That merkwürdig. HOOD<sup>3</sup> beobachtete anhaltend ein 50 F. über der Oberfläche der Erde aufgehängtes Elektrometer, fand jedoch nie, daß dasselbe merkbar vom Nordlichte afficirt wurde. Zu eben dieser Ueberzeugung gelangte FRANKLIN<sup>4</sup> während seines Aufenthalts zu Fort Enterprise. Auch RICHARDSON<sup>5</sup> konnte an eben diesem Orte während der ganzen Dauer des Winters mit einem nach DE SAUSSURE construirten Elektrometer nie die mindeste Spur von Luftelektricität wahrnehmen; dennoch aber war die Elektricität der Menschen so stark, daß die Holundermarkkugeln zur größten Divergenz auseinander fuhren, wenn die Hand das Instrument berührte, die trockne Haut aber bewirkte, daß beide Hände an einander gerieben starke Elektricität entwickelten, die durch den Geruch kenntlich wurde. Noch mehr war eben dieses merkbar bei den Häuten der ausgestopften Thiere in den Zimmern, indem diese nicht selten, selbst ohne gerieben zu seyn, dem genäherten Knöchel einen bedeutenden Funken gaben. Auch aus den Beobachtungen, welche Capt. FRANKLIN<sup>6</sup> unter höheren Breiten bei sei-

---

1 Journ. of a third Voy. p. 63.

2 S. oben unter b.

3 Narrative of a Journey ect. p. 543.

4 Ebend. p. 553.

5 Ebend. p. 598.

6 Narrative of a second exped. App. VII.



nem Aufenthalte am Bärensee und zu Fort Franklin anstellte, ging das Resultat hervor, daß das Blattgoldelektrometer nie vom Nordlichte afficirt wurde.

Aber eben diese verneinenden, der Wahrscheinlichkeit nicht zusagenden Resultate vermochten HOON<sup>1</sup>, eine etwas abweichende Methode des Beobachtens zu Fort Enterprise zu wählen. Es wird nämlich in der Folge erwähnt werden, daß die Art der gleichzeitigen Abweichung zweier Magnetnadeln ihn auf die Vermuthung brachte, diese selbst möge wohl Folge der Elektricität seyn; weil aber das gemeine Korkkugel-Elektrometer nie die geringste Spur von Elektricität wahrnehmen liefs, so verfertigte er sich für diesen Zweck folgendes Instrument. Eine 8 Zoll lange messingne Nadel, auf einer Compascarte befestigt, wurde auf einer kupfernen Spitze in einer hölzernen Büchse balancirt, welche letztere an der einen Seite eine Eintheilung von 60 Graden des Kreisbogens trug und mit einem Schieber bedeckt wurde, an welchem alle Fugen mit Papier überklebt waren, um den Zutritt der Luft abzuhalten. Damit die Elektricität eben so gut, als bei messingnen Compascbüchsen, zugeleitet werden könne, steckte er einen 8 Zoll langen Eisendraht lothrecht so durch den Deckel, daß sein unteres Ende sich in gleicher horizontaler Ebene mit der Nadel befand, und eine Glasplatte erlaubte dann in das Innere der Büchse zu sehen. Nachdem die Prüfung ergeben hatte, daß der Apparat keinen Magnetismus enthielt, wurde er am 2. Mai auf ein bedecktes Gesimse an der Außenseite des Hauses in einer Richtung nahe genau von O. nach W. gesetzt, indem die Nadel sich in 25 Minuten Entfernung vom genannten eisernen Conductor befand und die Büchse durch eine angebrachte kleine Libelle (*glass bubble*) gegen jede unbemerkte Bewegung gesichert war. Die Nadel stand um 12 Uhr noch unverändert, es ward kein Nordlicht beobachtet, aber FRANKLIN sah bald darauf eins und am 8 Uhr Morgens am 3. Mai war die Nadel mit dem Conductor in Berührung. HOON bewegte sie 40 Minuten weit von demselben und beobachtete die nämliche Wirkung wieder am 3., 5., 6., 9., 10. und 11. Mai, an welchen Tagen jederzeit Nordlichter waren, die an den übrigen fehlten. Das Thermometer stand während dieser Zeit zwischen 26° und 56° F. am

1 Narrative of a Journey etc. p. 586.

Tage, 10° und 33° F. bei Nacht, die Bewegung der Nadel wurde allezeit erst am folgenden Morgen wahrgenommen. Am 12. Mai war kein Nordlicht und die Nadel blieb ruhig, aber am 13. Mai um Mitternacht schossen mehrere Lichtbögen von N. W. nach S. O. und die Nadel wurde aus einer Entfernung von 1° angezogen; die Temperatur war 12° F. Um den Apparat zum eigentlichen Elektrometer zu machen, wurde das Pivot der Nadel und der Conductor durch Siegellack isolirt und das Ganze an seinen frühern Platz gestellt. Am 14. Mai war die Temperatur 54° F., es entstand ein heftiger Wind aus N. N. W. mit Schnee und das Thermometer ging um Mitternacht auf 19° F. herab, Am 15. um 9 Uhr Morgens war die Nadel bis auf 30° Entfernung vom Conductor abgestoßen und konnte mit ihm nicht zur Berührung gebracht werden, bis letzterer zufällig berührt war. Am 24. Mai zwischen 10 und 12 Uhr Abends wurde die Nadel abermals angezogen und dann bis 25° abgestoßen, FRANKLIN aber bemerkte am folgenden Morgen eine Ablenkung seiner Magnetenadel von 20 Minuten, woraus also auf die Anwesenheit eines Nordlichts geschlossen werden konnte. Die dann folgende lange Dauer der Tage hinderte leider die Fortsetzung dieser interessanten Beobachtungen, Hoon sieht es als gewiß an, daß die beschriebenen Wirkungen von der Elektrizität herrührten, wagt aber nicht darüber zu entscheiden, ob diese durch das Nordlicht zugeführt oder abgeleitet wurde.

Da man die letztere Schlussfolgerung nicht wohl in Abrede stellen kann, so darf man es als ein ziemlich sicheres Resultat der gesammten mitgetheilten Beobachtungen betrachten, daß das Nordlicht allerdings von einer Veränderung der Luftelektricität begleitet ist, allein nur an denjenigen Orten, denen diese Meteore ganz eigentlich zugehören, und auch dort kann dieselbe nicht anders als schwach seyn, weil sonst auch die übrigen Elektrometer mindestens einige Spuren davon gezeigt haben müßten. Wenn hiermit die einsige Beobachtung von Morozzo unvereinbar ist, so muß man gestehn, daß diese neben so vielen andern, das Gegentheil von jener beurkundenden, nicht sehr ins Gewicht fallen kann und allzusehr auf die Vermuthung einer stattgefundenen Täuschung führt,

#### b) Zusammenhang mit dem Magnetismus.

Das Nordlicht steht auf mehrfache Weise im Zusammen-

lange mit dem tellurischen Magnetismus, wie hauptsächlich aus den neuesten Beobachtungen unverkennbar hervorgeht, ja viele sind so weit gegangen, dasselbe für eine rein magnetische Erscheinung zu halten. Die Untersuchung hierüber muß daher wohl einen gewissen Grad der Vollständigkeit haben, und um diesen möglichst zu erreichen, scheint es mir am zweckmäßigsten, die einzelnen Verhältnisse zu sondern und jedes für sich zu betrachten, wodurch auf jeden Fall die Uebersicht erleichtert wird.

1) Man nimmt an, die Ebene der Nordlichtbögen stehe senkrecht auf dem magnetischen Meridiane oder bilde mit diesem zwei rechte Winkel und die Krone des Nordlichts befinde sich allezeit an derjenigen Stelle des Himmels, wohin die Südspitze der Neigungsnadel gerichtet ist. Dafs diese Behauptungen nicht durchaus hypothetisch seyen, läßt sich leicht aus einer großen Menge von Thatsachen darthun. GASSENDI<sup>1</sup> sagt von dem Nordlichte, welches am 12. Sept. 1612 die allgemeine Aufmerksamkeit so sehr erregte, dafs dasselbe genau im Norden stand, und so mußte es auch seyn, weil die Abweichung der Magnetnadel in Frankreich damals nur etwa 1 oder 2° betrug, und erst als diese zunahm, bemerkte man die mehr westliche Richtung der Nordlichter. HALLEY<sup>2</sup> aber setzt den Mittelpunkt der Krone bei dem von ihm 1716 beobachteten Nordlichte in den Kopf der Zwillinge, welches ungefähr 20° Abstand vom Zenith, also fast genau den Punct giebt, wohin die verlängerte Axe der Neigungsnadel trifft. Dagegen bemerkt schon MARRALDI bei der zu seiner Zeit mehr westlich gerückten magnetischen Abweichung, dafs das Nordlicht 10° westlich stand, eben so HORREBOW zu Kopenhagen, und GODIN<sup>3</sup>, welcher dasselbe früher genau im Norden gesehen haben wollte, fand am 22. Febr. 1734 eine westliche Abweichung von 14°. Obgleich also keineswegs alle Nordlichter genau an der nämlichen Stelle sich zeigen, so fanden die Beobachter sich dennoch schon in jenen frühern Zeiten veranlaßt, eine Abweichung derselben nach W. als in den meisten Fällen stattfindend anzunehmen, ja man schloß sogar aus der Vergleichung der Beobachtungen im 17ten

1 Opera. Lyon 1658. VI. Vol. fol. T. II. p. 107.

2 Phil. Trans. No. 347.

3 Mém. de l'Acad. 1734. p. 569.

Jahrhunderte und im Anfange des 18. Jahrhunderts von GASSENDI, CASSINI, MARALDI, GODIN und andern, daß der Ort des Nordlichts mit der Abweichung der Magnetnadel übereinstimme, wie dieses namentlich LEMONNIER<sup>1</sup> als erwiesen ausspricht, obgleich einige Fälle, in denen es genauer im wahren Norden beobachtet wurde, nicht unbekannt blieben. Nach CAVENDISH<sup>2</sup> war die Mitte des Nordlichtbogens am 23. Febr. 1784 etwa  $18^\circ$  westlich, die Abweichung der Magnetnadel aber betrug  $23^\circ$ . Noch entscheidender ist das Resultat einer langen Reihe von Beobachtungen, welche DALTON in Kendal und CROSTWHAITE in Keswick in den Jahren 1792 und 93 angestellt haben, wonach die Mitte der Bögen fast allezeit genau im magnetischen Meridiane, der Mittelpunkt der Krone aber in der Verlängerung der Neigungsnadel lag<sup>3</sup>. GILBERT, WREDE und AUSFELD bemerkten bei den von ihnen beobachteten Nordlichtern, daß der hellste Punct derselben mehr westlich und die größte Höhe des Lichtbogens im magnetischen Meridiane lag<sup>4</sup>. HANSTEEN fand durch genaue Messungen am 7. Oct. 1816 das Azimuth des Nordlichtbogens =  $12^\circ 11'$  und den Mittelpunkt der Krone =  $73^\circ 10' S.$ , bei dem am 8. Febr. 1817 aber ersteres =  $14^\circ 57'$ , letzteren in  $74^\circ 39'$ , also mit der mittlern Abweichung und Neigung der Magnetnadel genau übereinstimmend. Auch BIOT<sup>5</sup> maß auf Unst am 27. Aug. 1817 die Lage beider Schenkel des großen Nordlichtbogens und fand die Mitte derselben nur etwa um  $4^\circ$  von der Richtung der Deklinationnadel abweichend, welche  $28^\circ 50'$  westlich vom astronomischen Meridiane abstand.

Inzwischen stellt BIOT selbst, so sehr er den Satz vertheidigt, daß die Ebene des Nordlichtbogens mit dem magnetischen Meridiane zwei rechte Winkel bilde, nicht in Abrede, daß namentlich unter höhern Breiten, wo die Kraft der Deklinationnadel nur geringe ist, bedeutende Abweichungen hiervon vorkommen, wie er selbst aus der Berechnung der Azimuthe mehrerer durch CELSIUS zu Torneå in den Jahren 1736 und 1737 beobachteten Nordlichtbögen fand. Um so mehr aber soll ge-

---

1 Lois du Magnetisme. Par. 1776. 2 Voll. 8. T. I. p. 153.

2 Phil. Trans. 1709.

3 DALTON meteorological observations and essays, Lond. 1793. p. 54.

4 G. XIX. 108. LXVII. 11.

5 Ehend. LXVII. 11.

nde in jenen Gegenden die Mitte der Krone in der verlängerten Axe der Neignagsnadel liegen.

Bei einer so wichtigen Frage muß man sich nothwendig nach mehreren Zeugnissen und aus verschiedenen Gegenden umsehn, weil die Abweichung der Magnetnadel nicht überall gleich ist, die Resultate in dem nämlichen oder in einander nahe liegenden Meridianen aber durch bloßen Zufall übereinstimmen könnten. Nach v. WRANGEL<sup>1</sup> fingen die Nordlichter in Nischne-Kolymsk meistens in N. O. Viertel an und die Mitte der Breite des leuchtenden Segments lag im Allgemeinen im ersten oder zweiten Striche vom wahren N. nach O. Dort ist aber die Abweichung =  $11^{\circ} 45'$  östlich. Dagegen sah ERMAN<sup>2</sup> den Nordlichtbogen am 1. Dec. 1828 zu Tobolsk westlich vom astronomischen N., obgleich auch dort die Abweichung der Magnetnadel östlich ist; ja die Einwohner jener Gegenden sagten, daß es dort zweierlei Nordlichter gebe, die stärker leuchtenden in östlicher und die schwächeren in westlicher Richtung. Nach DUFIN<sup>3</sup> stand zu Glasgow am 19. Sept. 1817 der Nordlichtbogen fast senkrecht auf dem magnetischen Meridiane, dagegen fand KATER<sup>4</sup>, daß die Ebene des Nordlichtbogens am 29. Sept. 1828 auf dem magnetischen Meridiane lothrecht stand, FARQUHARSON<sup>5</sup> aber schließt aus seinen zahlreichen Beobachtungen, daß der Nordlichtbogen in der Regel auf dem magnetischen Meridiane senkrecht stehe, es gebe jedoch nicht wenige Fälle, in denen das Meteor sich östlich oder westlich von demselben zeige. Diese Unregelmäßigkeit in der Lage des Nordlichtbogens nimmt unter höhern Breiten zu, wo die Kraft der Deklinationsnadel schwächer, die Deklination größer ist und man sich mehr in der eigentlichen Region der Nordlichter befindet. ANDREAS GINGE<sup>6</sup> sah in Gothaab unter  $64^{\circ} 10'$  N. B. am 12. Dec. 1786 ein Nordlicht, welches sich in O. erhob, so nach dem Zenith anstieg und einen in N. und S. auf dem Horizonte

---

1 Physikalische Beobachtungen 8. 58.

2 Poggendorff Ann. XXII. 551.

3 Ann. Ch. Phys. VI. G. LXVII. 190.

4 Ann. Ch. Ph. XXXIX. 416.

5 Edinb. Journ. of Sc. N. S. No. XII. p. 392. Vergl. Edinb. Phil. Journ. No. XVI. p. 308. Phil. Trans. 1829. p. 110.

6 Hansteen in Schweigger's Journ. N. R. XVI. 189.

stehenden Bogen bildete; nach **THIENEMANN**<sup>1</sup> dagegen geht der Nordlichtbogen auf Island von N. O. nach S. W. mit ungleichen Abweichungen nach beiden Seiten, was mit der dortigen magnetischen Deklination von ungefähr 35° westlich recht gut übereinstimmt. **KEILHAU**<sup>2</sup>, dessen interessante Beobachtungen in Finmarken schon mehrmals erwähnt worden sind, bemerkt ausdrücklich, daß der höchste Punct des Bogens wenigstens nicht allezeit im magnetischen Meridiane lag, sondern etwas nördlich davon abwich. Von großer Bedeutung endlich ist die Angabe **SCORESBY**'s<sup>3</sup>, daß der Nordlichtbogen an der Ostküste Grönlands unter 64° 41' N. B. bei 30° westlicher Abweichung der Magnetnadel zuerst im Norden erschien, durch das Zenith ging und fast den südlichen Horizont erreichte. Man findet indess diese abnorme Richtung des Nordlichtbogens häufiger in den hoch nördlichen Theilen des atlantischen Oceans. Die Beobachtungen des großen Nordlichts am 7. Jan. 1831 sind noch überall in frischem Andenken und es genügt daher im Allgemeinen zu bemerken, daß dasselbe meistens im magnetischen Norden gesehen wurde, am auffallendsten zu Christiansand, wo sich die Krone auch sehr genau in der verlängerten Axe der Neigungsnadel bildete; bloß in Wien hatte dasselbe eine östliche Lage, ein allerdings auffallender Umstand, allein schon die mitgetheilten Thatsachen und noch mehr die weiter beizubringenden zeigen, daß solche Anomalieen keineswegs unerhört, ja selbst nicht einmal sehr selten sind.

Vor allen Dingen muß es von großem Interesse seyn, die Berichte der englischen Reisenden an der Nordküste America's auch über die vorliegende Frage zu hören. Der Kürze wegen bemerke ich nur im Allgemeinen, daß nach dem, was oben (unter b) bereits mitgetheilt worden ist, **PARRY** bei seinem Aufenthalte auf der Insel Melville die Nordlichter der Richtung der Magnetnadel gemäß im Süden sah, auf seiner Rückfahrt aber die eigentliche Linie dieser Meteore durchschnitt, bis sie ihm nördlich erschienen. Auch zu Port Bowen mußten sie noch in südlicher Richtung gesehen werden. Als eins der wichtigsten Zeugnisse dient aber das des Lieutenants **HOOD**<sup>4</sup>,

1 G. LXXV. 66.

2 Ebend. XC. 619.

3 Reise, übers. von Kries. S. 30.

4 Narrative of a Journey etc. p. 543.

welcher von seinem Aufenthalte in Cumberland-House unter  $53^{\circ} 5'$  N. B. und bei etwa  $18^{\circ}$  östlicher Abweichung der Magnetnadel ausdrücklich erwähnt, daß die Bewegung der Nordlichtbögen stets von N. nach S. gerichtet war, wobei sie nie mehr als  $20^{\circ}$  vom magnetischen Meridiane abwichen, indem ihre Mittelpunkte eben so oft im wahren als im magnetischen Meridiane lagen. Eben dieses besagen die Berichte FRANKLIN's<sup>1</sup> aus Fort Enterprise unter  $64^{\circ} 28' 24''$  N. B.  $113^{\circ} 6'$  W. L. von Greenwich, wo die Abweichung der Deklinationsnadel  $36^{\circ} 24' 7''$  östlich und die Neigung der Inklinationsnadel  $86^{\circ} 58' 42''$  beträgt. Darin heisst es nämlich, daß die horizontalen Streifen und Massen von Licht an jedem Theile des Himmels und in sehr ungleichen Höhen erschienen, meistens im magnetischen O. und W., jedoch wurden sie mehr als einmal im magnetischen N. anfangend und im magnetischen S. endend gesehn. Die Bögen dagegen stiegen bei weitem am häufigsten so am Himmel auf und bewegten sich in einer solchen Ebene, daß sie mit dem magnetischen Meridiane zwei rechte Winkel bildeten. Nur einmal sah FRANKLIN einen Nordlichtbogen vom magnetischen N. zum magnetischen S. fortlaufend<sup>2</sup>. Nach länger fortgesetzten Beobachtungen giebt auch HOON<sup>3</sup> an, daß die Nordlichtbögen sich zuweilen mit ihren Mittelpunkten im magnetischen Meridiane erheben, setzt aber hinzu, daß sie zuweilen auch einige Grade östlich und westlich von diesem sich zeigen; RICHARDSON<sup>4</sup> aber versichert, so sehr er auch DALTON's Meinung achte, könne er doch in Folge eigener Anschauung nicht zugeben, daß die Nordlichtstrahlen insgesamt die Richtung der Neigungs-nadel hätten, auch bilde der Nordlichtbogen keineswegs jederzeit zwei rechte Winkel mit dem magnetischen Meridiane, indem er sich vielmehr sehr oft nach dem magnetischen O. und W. wende.

Aus allen diesen vielen Beobachtungen geht wohl als End-

---

1 Eine oben unter b erwähnte Angabe FRANKLIN's, welche mit der hier mitgetheilten nicht wohl vereinbar ist, beruht vermuthlich auf einem Irrthume, einer Verwechslung, denn die hier aufgenommene stimmt mit den Resultaten der übrigen Beobachter an dem nämlichen Orte genau überein.

2 Narrative of a Journey, p. 551.

3 Ebend. p. 580.

4 Ebend. p. 597.

resultat unverkennbar hervor, daß zwar unter mittlern Breiten, oder eigentlicher in bedeutender Entfernung von derjenigen Zone, in welcher die Nordlichter einheimisch sind, mag dieser Abstand südlich oder nördlich liegen, die Richtung des Nordlichtbogens wo nicht ganz allgemein, doch bei weitem in den meisten Fällen mit dem magnetischen Meridiane zusammenfällt, daß aber in jener Zone selbst dieses Gesetz wegen der Menge der stattfindenden Ausnahmen kaum noch bestehn kann. Daher sah PARRY auf der Insel Melville unter  $75^{\circ}$  N. B. das Meteor allezeit in südlicher Richtung, daß aber Capt. ANJOU es in eben dieser unter gleich hohen Breiten im sibirischen Eismeere gesehen haben sollte, wird nirgends angegeben, vielmehr setzt v. WRANGEL sie ohne Ausnahme nach Norden. ERMAN aber befand sich in Tobolsk offenbar zwischen den beiden magnetischen Polen, und da die Nordlichter diese vorzugsweise umlagern, so ist die Angabe der dortigen Einwohner, daß sie die Nordlichter bald in westlicher, bald in östlicher Richtung sehen, die letztern als die nähern und jener Gegend eigentlich zugehörigen aber stärker, hiermit vollkommen harmonirend.

Noch ist es nöthig, den Ort der Nordlichtkrone besonders zu erwähnen. HANSTEEN<sup>1</sup> sagt, die Erfahrung scheine gezeigt zu haben, daß die Nordlichtkrone stets im magnetischen Meridiane, in der Verlängerung der Neigungsnadel liege, und es sind auch so eben einige ältere Beobachtungen erwähnt worden, welche diese Behauptung unterstützen, wie dieses nicht minder bei einigen neuern der Fall ist. Nach KATER<sup>2</sup> war die Höhe des Nordlichtbogens am 29. Sept. 1728 =  $72^{\circ}$  südlich und er bildete also mit dem Horizonte einen gleichen Winkel, als die Inklinationsnadel. Allein dieser nämliche Bogen (wenn es anders der nämliche war) hatte zu Gosport nur  $70^{\circ}$  nördliche Höhe und zu Lynn-Regis nur  $56^{\circ}$ . Andere gemessene Bögen erreichten auch diese Höhe nicht, z. B. der am 1. Dec. 1828 zu Manchester gesehene, welcher nur bis  $30^{\circ}$ , und der am 26. Dec., welcher nur bis  $20^{\circ}$  am Himmel heraufkam. FARQUHARSON<sup>3</sup> beobachtete das Nordlicht sehr häufig zu Aberdeenshire und findet hiernach die Höhe des Bogens in der Regel nur  $25$  oder  $30^{\circ}$ ,

---

<sup>1</sup> Poggendorff Ann. XXII. 482.

<sup>2</sup> Ann. Chim. Phys. XXXIX. 416.

<sup>3</sup> Edinb. Phil. Journ. No. XVI. p. 306.



zuweilen aber weit niedriger, selbst nur 5 bis  $10^{\circ}$ , setzt jedoch hinzu, daß einige derselben mitunter über das Zenith hinausgehen. Ebenderselbe meint aber, daß der Vereinigungspunct der Nordlichtstrahlen zur Krone  $10^{\circ}$  südlich vom Zenith sich befinde, und nach spätern Beobachtungen hält er einen Abstand desselben von  $15^{\circ}$  noch für richtiger<sup>1</sup>. Nach HÄLLSTRÖM<sup>2</sup> endlich beträgt der Abstand der Krone vom Zenith zwischen  $0^{\circ}$  und  $12^{\circ}$  südlich; einmal war dieselbe jedoch auch nördlich. Es ergibt sich hieraus im Ganzen, daß die Höhe der Nordlichtbögen zwar sehr ungleich ist, wenn dieselben sich aber zu einer Krone gestalten oder die verschiedenen Nordlichtstrahlen sich hierzu vereinigen, was nur in seltenern Fällen geschieht, dann scheint allerdings dieser Vereinigungspunct nahe genau in der verlängerten Richtung der Neigungsnadel zu liegen, woraus unmittelbar hervorgeht, daß eine und dieselbe Krone nicht an verschiedenen, weit von einander entlegenen Orten beobachtet werden kann. Gelegentlich will ich noch erwähnen, daß nach HOOD<sup>3</sup> die Strahlen und Blitze des Nordlichts in der Regel der Richtung der Neigungsnadel parallel seyn sollen, denn sie erschienen im magnetischen Meridiane lothrecht, zu beiden Seiten desselben aber gegen den Horizont geneigt.

2) Daß das Nordlicht auf die Magnetnadel einen Einfluß habe<sup>4</sup>, ist zwar von einigen in Abrede gestellt, von der Mehrzahl der Beobachter aber mit solcher Bestimmtheit behauptet worden, daß diese Thatsache wohl für factisch begründet gelten darf. CELSIUS<sup>5</sup> und HJÖRTER<sup>6</sup>, die ältesten Zeugen, dürfen insofern für vorzüglich wichtig gelten, als sie den später aufgefundenen Zusammenhang zwischen der Elektricität und dem Magnetismus nicht ahnden, folglich den Einfluß der ihrer Ansicht nach elektrischen Nordlichter auf die Magnetnadel nicht muthmaßen konnten, dennoch aber bemerkt zu haben versichern, daß die Abweichung der Deklinationsnadel sich wäh-

1 Phil. Trans. 1829. p. 110.

2 Diss. de arcibus lum. in coelo conspectis. Aboae 1802.

3 Narrative of a Journ. cet. p. 533.

4 Vergl. was hierüber Bd. I. S. 159. bereits gesagt worden ist und ich hier nur kurz wieder berühre.

5 Schwed. Abhandl. D. Ueb. XII. S. 54.

6 Ebend. IX. S. 86.

rend der Dauer dieses Meteors merklich ändere, auf jeden Fall aber ein Schwanken derselben erzeugt werde. WARGENTIN<sup>1</sup> stellte deswegen eigends eine Reihe von Beobachtungen mit der Abweichungsnadel an und fand die Thatsache vollkommen bestätigt. Nicht minder will T. BERGMANN<sup>2</sup> einen Einfluss des Nordlichts sowohl auf die Deklinations- als auch auf die Inklinationnadel wahrgenommen haben. G. H. VAN SWINDER und dessen Bruder S. P. VAN SWINDEN beobachteten am 29. Febr. 1780 gleichzeitig eine merkliche Abweichung der Magnetnadel zu Franeker und Haag, indem die Nadeln erst am andern Morgen wieder zurückgingen; am 2. März beobachtete ersterer abermals dieses Phänomen, konnte des trüben Wetters wegen kein Nordlicht sehen, hörte aber, daß sich eins gezeigt habe<sup>3</sup>; auch hat WINKLER<sup>4</sup> mehrere Beobachtungen dieser Art in einem eigenen Programme zusammengestellt. Nach CORTE<sup>5</sup> geräth die Magnetnadel durch das Nordlicht nicht bloß in Schwankungen, sondern er beobachtete auch 1780 zu Montmorency, daß sie die Erscheinung desselben eine Stunde vorher verkündigte und während seiner Dauer abwechselnd um mehr als einen Grad abgelenkt wurde. Ein ganz unbefangener Zeuge, ANDREAS GINGE<sup>6</sup>, erwähnt, daß bei dem Nordlichte am 12. Dec. 1786 zu Gothaab unter 64° 10' N. B. die Magnetnadel anfangs um 20 Min., nachher gar um 40 Min. abgelenkt wurde. HEMMER<sup>7</sup> benutzte zwar nur eine auf einer Spitze balancirte, übrigens starke, Brandersche Nadel, nahm aber dennoch einen Einfluss des Nordlichts auf dieselbe wahr, WILKE<sup>8</sup> aber war geneigt, alle Oscillationen der Deklinationsnadel den Wirkungen des Nordlichts beizulegen, welches nach seiner Meinung sich täglich entzünden und auch die Inklinationnadel in Schwankungen versetzen soll. Sowohl Schwankungen als auch Ablenkun-

---

1 Schwed. Abhandl. D. Ueb. Th. XII. S. 57.

2 Ebend. Th. XXVI. S. 269.

3 Acta Soc. Pet. T. IV. P. I. p. 13.

4 De commercio lum. bor. cum acu magnetica. Lips. 1767. 4.

5 Journ. des Savans 1780. Nov. Gren's N. Journ. Th. III. S. 421.

6 Nye Samling af Danske Videns. Selskabs Skr. Kiøb. 1783.

T. III. Vergl. Hansteen in Schweigger's Journ. XVI. 189.

7 Comm. Acad. ci. Pal. T. VI. p. 817. Gren's Journ. d. Phys. Th. V. S. 88.

8 Schwed. Mus. 1783. T. III. p. 324. G. XXIX. 420, 422.

gen der Deklinationsnadel wurden ferner wahrgenommen durch BLONDEAU zu Brest, MANN zu Nieuport, WEISS zu Tyrnau, LEMONNIER, LALANDE und mehrere andere<sup>1</sup>, auch sind hiermit die Zeugnisse von JULIN<sup>2</sup>, GILPIN<sup>3</sup> und HÄLLSTRÖM<sup>4</sup> völlig übereinstimmend. BERTHOLOM<sup>5</sup> nahm diesen Einfluß auf die Magnetnadel gleichfalls wahr und will außerdem gefunden haben, daß isolirte Nadeln ihn stärker zeigen.

Die Thatsache schien hierdurch fest begründet, wurde jedoch wieder etwas zweifelhaft durch die Behauptung von HELL<sup>6</sup>, welcher bei seinem Aufenthalte zu Wardöhuus im Jahre 1769 das Nordlicht zu einem vorzüglichen Gegenstande seiner Aufmerksamkeit machte und dabei gar keinen Einfluß desselben auf die Magnetnadel entdecken konnte, durch die Angabe von BREUHLIN<sup>7</sup>, daß er bei den starken Nordlichtern am 18. Jan. 1770, desgleichen am 19. und 20. Febr. und 30. März 1771 nicht die geringsten Veränderungen der Magnetnadel wahrgenommen habe, durch das Zeugniß des VAN SWINDEN<sup>8</sup>, daß nach seinen Beobachtungen auch messingne, nicht magnetische Nadeln durch das Nordlicht in Schwankungen geriethen, obgleich diese letztern auch zuweilen ruhten, während die magnetischen durch das Nordlicht bewegt wurden, und endlich durch die Beobachtungen von CASSINI und MACDONALD<sup>9</sup>, daß auch gewöhnliche Gewitter einen ähnlichen Einfluß auf die Magnetnadel äußerten.

Das Verlangen, über diese durch das neu entdeckte Verhältniß zwischen Elektricität und Magnetismus noch interessanter gewordene Frage zur Gewissheit zu gelangen, veranlaßte einige Gelehrte, die Magnetnadel anhaltend bei Tage und bei Nacht zu beobachten, und so gelang es der Beharrlichkeit des

1 Mém. de l'Acad. de Bruxelles T. II. p. 271. Phil. Trans. LII. p. 285. Lemonnier lois du Magnetisme. p. 116.

2 Neue Abhandl. der Schwed. Acad. d. Wiss. 1793.

3 G. XXIX. 396.

4 G. XIX. 288.

5 Encyclop. meth. T. I. p. 357.

6 Aurorae borealis theoria nova. In app. ad Ephem. astron. ann. 1777.

7 Mém. de l'Acad. de Berlin 1770 u. 71.

8 Recueil des Mém. sur l'analogie de l'électricité et du magnétisme. A la Haye 1784. 3 voll. 8. T. I. p. 476.

9 G. III. 121.

AL. V. HUMBOLDT<sup>1</sup>, am 21. Dec. 1806 die durch ein Nordlicht verursachten unzweifelhaften Schwankungen der Deklinationsnadel wahrzunehmen. Seitdem wurde die Thatsache durch mehrfach wiederholte Beobachtungen bestätigt, z. B. von SCHÜBLER<sup>2</sup> am 8. Febr. 1817, durch GAY-LUSSAC<sup>3</sup> u. a., ja man wollte sogar gefunden haben, daß die Magnetnadel selbst durch diejenigen Nordlichter afficirt werde, welche an dem Orte nicht sichtbar waren, wo die Magnetnadel beobachtet wurde, wie namentlich HANSTEEN<sup>4</sup> als Resultat mehrfacher Erfahrungen angiebt, auch nahm man wirklich in Paris ungewöhnliche Bewegungen der Magnetnadel wahr, als MACKENZIE gleichzeitig ein großes Nordlicht in Schottland beobachtete<sup>5</sup>. Hauptsächlich ist diese Aufgabe vielfach und zugleich ausführlich durch ARAGO<sup>6</sup> erörtert worden. Als eine entscheidende Thatsache diente die Beobachtung, daß am 29. März 1826 zu Paris ungewöhnliche Bewegungen der Magnetnadel wahrgenommen wurden, welche auf ein Nordlicht unter höhern Breiten schliessen ließen und durch das gleichzeitig von DALTON gesehene eine unerwartete Bestätigung erhielten<sup>6</sup>. ARAGO<sup>7</sup> fuhr nachher fort, die in Paris beobachteten regelwidrigen Schwankungen der Magnetnadel mitzutheilen und mit den später bekannt gewordenen Beobachtungen von Nordlichtern, namentlich in Großbritannien, zu vergleichen, hauptsächlich zuerst vom Jahre 1827, wobei der Einfluß dieser Meteore auf die Schwankungen sowohl der Inklinations- als auch der Deklinationsnadel sich ganz unverkennbar zeigte, am stärksten bei dem vom 8. Sept., welches nicht bloß in England, sondern auch in Frankreich, den Niederlanden u. s. w. gesehn wurde. Die Menge der hierdurch bekannt gewordenen Thatsachen, verbunden mit dem, was

---

1 G. XXIX. 428.

2 Schweigger's Journ. Th. XIX. Hft. 1.

3 Ann. Ch. Phys. XXI. 404.

4 G. LXVII. 47.

5 Ann. Ch. Phys. XXI. 404.

6 Ann. Ch. Ph. XXXI. 422. verglichen mit XXXVI. 404.

7 Man findet diese Zusammenstellungen für das genannte und die folgenden Jahre in den Decemberheften der Ann. de Ch. et Phys. Hieraus übertragen und durch die Zusätze von HANSTEEN und KOPFER bereichert findet man sie in G. LXXXIII. 127. LXXXV. 164. LXXXVI. 558. LXXXVIII. 320.

HANSTEEN und KUPFER zu ihrer Vervollständigung beigetragen haben, ist so grofs und sie selbst sind so überzeugend, dafs es nicht wohl möglich schien, einen Einflufs der Nordlichter auf die Magnetnadel ferner in Abrede zu stellen.

Inzwischen trat BREWSTER<sup>1</sup> als ein gewichtiger Bestreiter des anscheinend ausgemachten Satzes auf und berief sich dabei auf die zahlreichen Beobachtungen BEAUFAY's zu Hackney bei London, welcher mit Ausnahme des einzigen Jahres 1816 anhaltend von 1813 bis 1821 nicht blofs die Bewegungen der Magnetnadeln mit den feinsten Instrumenten erforschte, sondern auch alle sonstige meteorologische Erscheinungen aufzeichnete. Zugleich sammelte er alle Nachrichten von gesehenen Nordlichtern in dem Raume zwischen Hackney und Thurso im Norden von Schottland, also in einer Ausdehnung von 7 Breitengraden, welches eben so viel ist als zwischen Paris und Leith, woraus BREWSTER folgert, dafs, zwar viele Nordlichter mit Schwankungen der Magnetnadel zusammenfallen, viele aber nicht, und dafs wiederum viele Schwankungen der Magnetnadel nicht mit Nordlichtern, wohl aber mit Sturmwinden, vorzüglich von Süden her, zusammentreffen. Zugleich beruft sich BREWSTER zur Unterstützung seines Widerspruches auf einige Fälle, in denen nach ARAGO's eigener Angabe Bewegungen der Magnetnadel zu Paris ohne gleichzeitiges Erscheinen eines Nordlichts stattfanden und umgekehrt<sup>2</sup>. Ausserdem sucht er nachzuweisen, dafs nach den Beobachtungen auf PARRY's dritter Entdeckungsreise das Nordlicht vielmehr einen beruhigenden Einflufs auf die Magnetnadel ausübe, weil die geringere Abweichung derselben in den Monaten Januar und Februar mit der grofsen Zahl der dort beobachteten Nordlichter zusammenfalle. Inzwischen hat BREWSTER hierbei etwas zu voreilig übersehn, dafs nach allen vorhandenen, oben in genügender Menge mitgetheilten Zählungen die Menge der unter den verschiedensten Polhöhen anderweitig, als gerade da, wo PARRY überwinterte, gesehenen Nordlichter im März und April weit gröfser

1 Edinb. Journ. of Sc. No. XVI. p. 190.

2 Es würde sich nicht der Mühe lohnen, näher zu untersuchen, wie weit diese, ohnehin mit unziemlicher Bitterkeit ausgesprochenen, Einwürfe gegründet sind, da die Frage von einer andern Seite her gegen BREWSTER's Ansicht vollständig entschieden ist.

ist, als im Januar und Februar, und da wir vorerst keinen Grund haben, die Wirkung der Nordlichter auf die Magnetnadel bloß auf denjenigen Ort zu beschränken, wo dieselben gesehen werden, welches auf jeden Fall der Ansicht ARAGO's geradezu widerstreitet, so folgt aus der angegebenen größern Abweichung der Magnetnadel in den Monaten März, April und Mai vielmehr das Gegentheil, nämlich ein Beweis für die Abhängigkeit beider von einander<sup>1</sup>. Inzwischen kann BRÆWSTER nicht leugnen, daß die Nordlichter in einigen Fällen allerdings mit den Oscillationen der Magnetnadel zusammenfallen, und ist daher geneigt, beide Phänomene als Wirkungen einer und derselben Ursache anzusehn, jedoch nicht so, daß der herrschenden Ansicht nach die Abweichung der Magnetnadel eine Folge des Nordlichts sey.

Allerdings giebt es einige nicht unbedeutende Zeugnisse gegen den fraglichen Einfluß der Nordlichter auf die Magnetnadel. Namentlich versichert SCORESBY<sup>2</sup>, nie einen solchen Einfluß wahrgenommen zu haben; aber von ungleich größerer Bedeutung ist das, was PARRY hierüber sagt. Dieser bemerkt nämlich ausdrücklich von den auf der Insel Melville unter  $74^{\circ},75$  N. B. beobachteten Nordlichtern am 8. Jan., am 1. und 2. Febr. 1820 und andern, daß die Magnetnadel nicht davon afficirt worden sey, ja er setzt ausdrücklich hinzu, daß in jenen Gegenden, wo die Richtungskraft der Deklinationsnadeln fast gänzlich fehle, jede andere Kraft eine vorzüglich starke Abweichung bewirken müsse, aber er und seine Begleiter hätten selbst bei den an einem Seidenfaden aufgehängenen oder sonst höchst leicht balancirten und zugleich sehr empfindlichen Nadeln nie den geringsten Einfluß wahrgenommen<sup>3</sup>. Eben dieses wiederholt er als das Resultat genauer Beobachtungen zu Port Bowen unter  $73^{\circ},25$  N. B., woselbst auch die höchst fein aufgehängenen Magnetnadeln nicht im mindesten durch das Nordlicht afficirt wurden<sup>4</sup>.

---

1 Uebrigens hat CHRISTIE später aus FOSTER's Journalen dargethan, daß allerdings auch zu Port Bowen die größere Deklination in den Monaten Januar und Februar mit der Erscheinung der Nordlichter zusammenfällt. S. Journ. of the Roy. Inst. No. 5. p. 274.

2 Account of the Arctic Reg. T. I. p. 418.

3 Zweite Reise zur Entdeckung einer nordwestlichen Durchfahrt. D. Ueb. Hamb. 1822. 1 Bd. 8. S. 224. 235. 239. 249.

4 Journ. of a third Voy. p. 63. 173.

Wären die beweisenden Beobachtungen minder wichtig und überzeugend, so könnten die so eben erwähnten allerdings dazu dienen, den Einfluß der Nordlichter auf die Magnetnadel überhaupt zweifelhaft zu machen, allein nach dem, was hierüber außerdem bekannt ist, beweisen die angegebenen Resultate nur so viel, daß derselbe im hohen Norden jenseit der eigentlichen Nordlichtzone und obendrein sehr in der Nähe des einen magnetischen Poles der Erde nicht stattfindet, was allerdings bei der Theorie dieser merkwürdigen Meteore von großer Bedeutung ist. Dagegen giebt es eine große Menge Beobachtungen, welche überzeugend darthun, daß südlich von dieser Zone jener Einfluß zwar nicht allezeit und nicht stets von gleicher Stärke sich zeigt, aber doch in so überwiegend vielen Fällen, daß eine Entscheidung darüber nicht zweifelhaft seyn kann. FARQUHARSON<sup>1</sup> folgert aus einer großen Menge eigener Erfahrungen, daß die Unruhe und veränderte Abweichung der Magnetnadel erst dann stattfinden, wenn die äußersten Strahlen (*fringes*) denjenigen Punct des Himmels erreichen, wohin die verlängerte Axe der Neigungsnadel trifft. Diese äußersten Strahlenenden, setzt er hinzu, seyen mitunter so fein, daß sie gar nicht wahrgenommen würden, woraus die Erklärung so mancher von einander abweichender Resultate von selbst folge. Nach DE LA PILAYE's<sup>2</sup> Beobachtungen auf Terre-Neuve unter etwa 47 bis 50° N. B. wird die Magnetnadel allerdings zuweilen durch das Nordlicht afficirt, in vielen Fällen jedoch gar nicht. SILLIMAN<sup>3</sup> beobachtete am 28. Aug. 1827 zu New-York eine Oscillation der Deklinationsnadel, welche im Ganzen 11° nach beiden Seiten des magnetischen Meridians betrug, die Veränderung der Inklinationsnadel erstreckte sich jedoch nicht weiter als bis 2°; beide Größenbestimmungen übertreffen jedoch weit die meisten, wo nicht alle andere.

Am wichtigsten auch für diesen Theil der ganzen Untersuchung sind die Berichte der Reisenden an der Nordküste America's. HOOD<sup>4</sup> theilt als Resultat seiner Beobachtungen zu Cumberland-House im Allgemeinen mit, daß die Magnetnadel je-

1 Phil. Trans. 1830. p. 103.

2 Mém. de la Soc. Linn. T. IV. p. 462.

3 Amer. Journ. of Science. XIV. p. 91.

4 Narrative of a Journey cet. p. 543.

derzeit durch das Nordlicht afficirt werde, wenn es sich zum Zenith erhebe, indem sie eine langsame Abweichung von O. nach W. erhalte, welche im Maximum bis  $45^{\circ}$  stieg. Die bedeutende Gröfse der Ablenkung abgerechnet stimmen hiermit die Beobachtungen FRANKLIN's<sup>1</sup> zu Fort Enterprise vollkommen überein. Ausserdem will dieser bemerkt haben, dafs der Einflufs dann gröfser war, wenn das Nordlicht durch eine trübe, dunstige (*hazy*) Atmosphäre schien, der Mond einen Hof hatte und feiner Schnee fiel; ja man gewahrte die Störungen der Magnetnadel in nebelig - wolkigen (*hazy cloudy*) Nächten, wenn gar kein Nordlicht zu sehen war. Auch am Tage wurden solche Abweichungen wahrgenommen, sowohl bei heiterem als auch bei trübem Himmel, am stärksten jedoch bei letzterem. In einigen wenigen Fällen wurde die Abweichung der Nadel in dem nämlichen Augenblicke beobachtet, in welchem eine Nordlichtssäule emporschofs, und sie nahm ihren vorigen Stand in ungleichen Zeitintervallen wieder ein; wenn sich aber augenblicklich nach der Abweichung ein Bogen mit beiden Schenkeln gleich weit vom magnetischen Meridiane abstehend bildete, so kehrte die Nordspitze der Nadel früher zurück und ging dann zuweilen über ihren normalen Stand hinaus. Bei starken Abweichungen kam übrigens die Nadel erst um 3 bis 4 Uhr des folgenden Nachmittags wieder auf ihren alten Stand zurück. Dort sowohl, als auch am Bärensee, zu Fort Franklin, unter  $65^{\circ} 12' \text{ N. B.}$  und im Mittel  $123^{\circ} 12' \text{ W. L.}$  von Greenwich behauptet FRANKLIN<sup>2</sup> wahrgenommen zu haben, dafs die Abweichung der Magnetnadel zur Lage des Nordlichts in einem gewissen Verhältnisse stehe. Ueberhaupt wurde bemerkt, dafs bei schneller Bewegung der stärkeren Nordlichtstrahlen die nächst zugekehrte Spitze der Nadel fast gleichzeitig nach diesem Orte hingezogen wurde, es mochte aus einem niedrigen oder einem bis ins Zenith gehenden Bogen bestehn. Die Ablenkung war bei trübem Himmel allezeit stärker, bei ganz heiterer Luft blieb sie zuweilen ganz aus. FRANKLIN läfst dabei nicht unbemerkt, dafs die durch ihn selbst und seine Begleiter erhaltenen Resultate im Widerspruche mit den Beobachtungen PARRY's zu Port Bowen ständen, setzt aber hinzu, dafs der eigentliche

---

1 Narrative of a Journey etc. p. 551. 553.

2 Narrative of a second Exped. App. VII.



Sitz der Nordlichter von letzterem Orte weiter entfernt seyn müsse, weil man daselbst diese Meteore nur niedrig und von schwachem Lichte, an ihren Beobachtungsorten aber über alle Beschreibung schön leuchtend, niedrig und mit den lebhaftesten Farben glänzend gesehen habe. Das Parallel von etwa  $65^{\circ}$  müsse also für ihre Bildung vorzüglich günstig seyn<sup>1</sup>. Die etwa beobachteten Veränderungen der Neigungsnadel hält FRANKLIN für so unbedeutend und unsicher, daß er sich nicht geneigt fühlt, sie als Folgen des Nordlichts zu betrachten.

Zur noch größern Vervollständigung dieses genauen Berichtes verdient dasjenige berücksichtigt zu werden, was HOOD<sup>2</sup> über seine eigenen und die schon erwähnten Beobachtungen zu Fort Enterprise mittheilt. Der Compafs, welchen FRANKLIN beobachtete, war klein, gehörte zu einem Transit-Instrument, hatte keine papierne Windrose und stand an freier Luft in einem Raume des Hauses. An der entgegengesetzten Seite des nämlichen Hauses stand der von HOOD beobachtete KATER's Azimuthal-Compafs fest auf einem Gesimse im Hause an einem Fenster von Pergament mit einigen Löchern, durch welche die Luft strich. Die Nadeln beider Compasse wurden auf verschiedene Weise abgelenkt und nahmen ihren normalen Stand in ungleichen Zeiten wieder an. Zuweilen wurden beide am Tage abgelenkt, zuweilen aber nur eine von beiden. Die eben angegebene, von FRANKLIN bemerkte Correspondenz zwischen der Lage des Nordlichts und der Richtung der Abweichung konnte HOOD nicht wahrnehmen, auch bemerkte er nie, daß die Nadel während der Dauer des Nordlichts wieder rückwärts ging, indem seine Nadel vielmehr in dieser, meistens einige Stunden betragenden, Zeit allmählig entweder westwärts oder ostwärts abgelenkt wurde. Die Ablenkungen beider Nadeln erfolgten übrigens in den nämlichen Nächten, erreichten ihr Maximum am andern Morgen und waren in der Regel vor 8 Uhr Nachmittags wieder gänzlich verschwunden. Da die Maxima der Abweichungen als die eigentliche Wirkung der Nordlichter

1 BARLOW berechnet aus den Franklin'schen Beobachtungen, daß der magnetische Pol unter  $69^{\circ} 16' N. B.$  und  $98^{\circ} 8' W. L.$ , nach PARKY's Beobachtungen aber unter  $70^{\circ} 43' N. B.$  und  $98^{\circ} 54' W. L.$ , im Mittel unter  $70^{\circ} N. B.$  und  $98^{\circ} 31' W. L.$  liegen müsse.

2 Narrative of a Journey etc. p. 586.

gelten konnten, so wurden sie mit einander verglichen, und da zeigte sich das merkwürdige Resultat, daß die Hälfte derselben hinsichtlich der Richtung einander entgegengesetzt waren. HOON schließt hieraus, daß das Nordlicht keine magnetische Erscheinung seyn könne, weil sonst die Richtungen der magnetischen Ablenkungen einander gleich seyn müßten, weswegen er sich geneigt fühlt, diese für eine Wirkung der Elektricität zu halten, welche, wenn einmal erregt, sich nicht früher als innerhalb 12 Stunden durch die Spitze, worauf die Magnetnadel balancirt sey, entweichend ins Gleichgewicht setzen könne. Daß hiermit seine bereits erwähnten spätern Untersuchungen über den Einfluß der Elektricität zusammenhängen, versteht sich von selbst, indess ist nicht zu erwarten, daß die zahllosen übrigen Beobachter eine magnetische Wirkung allgemein mit einer elektrischen verwechselt haben sollten, auch sind hiermit die genauen Angaben der Thatsachen nicht wohl vereinbar.

Die zuletzt mitgetheilten Angaben sind in Beziehung auf einen Umstand wichtig, welchen ich bis jetzt noch unberührt gelassen habe, nämlich die Frage, nach welcher Richtung die Magnetnadel durch das Nordlicht abgelenkt werde. Die meisten Beobachter reden bloß von Oscillationen der Nadel oder von einer Ablenkung derselben von ihrem normalen Stande; bei der oben erwähnten, als entscheidend betrachteten Beobachtung v. HUMBOLDT's aber wollte dieser eine Abstossung der Magnetnadel durch das Nordlicht, HANSTEEN aber eine Anziehung derselben wahrgenommen haben, welche beide Bezeichnungen übrigens unzulässig oder mindestens unbestimmt seyn würden, wenn man es als ausgemacht betrachten müßte, daß der Nordlichtbogen lothrecht auf dem magnetischen Meridiane stände. Später sprach HANSTEEN seine Meinung über diese Frage bestimmter aus<sup>1</sup>. Hiernach bleibt nämlich die Neigungsnadel ruhig, so lange die Krone des Nordlichts sich in der Verlängerung ihrer Axe befindet, schwankt aber sogleich, wenn jene sich nach irgend einer Seite hinneigt. In diesem Falle sinkt die Nordspitze der Abweichungsnadel merklich herab, wie z. B. am 18. Jan. 1770, oder schlägt aufwärts unter das Glas, wie am 13. Dec. 1765, statt daß sie sonst im Allgemeinen vom

---

<sup>1</sup> In seinem bekannten großen Werke: Untersuchungen über den Magnetismus der Erde. Christiania 1819. 4.

Nordlichte angezogen wird. Es scheint hieraus zu folgen, daß das Nordlicht *anziehend* auf die Spitze der Magnetnadel wirke, wonach also in Beziehung auf die Nordspitze der Abweichungsnadel diese westlich abweichen müßte, wenn das Nordlicht westlich vom magnetischen Meridiane erscheint, und umgekehrt. Seitdem haben wir einige nähere Bestimmungen über diesen Gegenstand erhalten. Nach FARQUHARSON soll sich die Abweichung erst dann zeigen, wenn das aufsteigende Licht des Meteors die durch den magnetischen Meridian gehende lothrechte Ebene schneidet; allein dieses bestreitet ARAGO<sup>1</sup> und meint, wenn das Nordlicht am Abend die Nordspitze der Nadel östlich bewege, so habe es dieselbe am Morgen schon westlich abgelenkt, und dieses geschehe selbst durch die nicht in Paris, wohl aber in Petersburg, Sibirien und America sichtbaren Nordlichter. Als merkwürdig wird dann von ihm hinzugesetzt, daß bei dem Nordlichte am 1. Dec. in Sibirien, welches unter dem Einflusse des zweiten magnetischen Nordpols gewesen sey, die Nordspitze der Nadel in Paris am Morgen westlich, am Abend aber östlich angezogen wurde. Nach HANSTEEN'S<sup>2</sup> späteren Ansichten ist der Wechsel der magnetischen Deklination zugleich von einer Veränderlichkeit der magnetischen Intensität begleitet, die Polarlichter aber sollen auf eine große, von einem Pole zum andern sich erstreckende Entfernung wirken und nicht von einer aus der Oberfläche der Erde ausströmenden materiellen, das Nordlicht erzeugenden Substanz herrühren, sondern von einer gänzlichen Aufhebung im Gleichgewichte der magnetischen Kräfte, welche zugleich die Ursache der Polarlichter sey<sup>3</sup>. FRANKLIN<sup>4</sup> fand nach seinen Beobachtungen zu Fort Enterprise, daß die Lage des Nordlichtbogens auf die Richtung der Magnetnadel allerdings einen Einfluß hatte. Bildete derselbe nämlich mit dem magnetischen Meridiane zwei rechte Winkel, so war die Abweichung westlich, und dieses um so stärker, je mehr der Bogen sich von W. zum magnetischen

---

1 Ann. Ch. Phys. XLV. 415.

2 Phil. Mag. and Ann. T. II. p. 337.

3 Man übersieht leicht, daß diese Hypothese die Lösung der Aufgabe nicht fördert, indem sie es unentschieden läßt, worin diese Aufhebung und der dadurch erzeugte Lichtschein eigentlich bestehe.

4 Narrative of a Journey &c. p. 551.

N. erstreckte, das Gegentheil aber fand statt, wenn der Bogen südlich vom magnetischen W. anfang und im magnetischen N. endigte, und der Einfluß war um so stärker, je näher das Meteor der Erde kam. Ließen sich diese Beobachtungen und die oben von HOOD angegebenen zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes benutzen, so würde dieses sich auf folgende Weise aufstellen lassen. Zu Fort Enterprise war die regelmäßige Abweichung östlich, wegen des überwiegenden Einflusses des östlich liegenden magnetischen Nordpols. Lag das Nordlicht im magnetischen Meridiane, so fand eine Schwächung des polarischen Einflusses statt und die Nadel wich westlich ab, stand aber das Nordlicht in westlicher Richtung, so fand die Schwächung der magnetischen Kraft gleichfalls in dieser statt, die polarische mußte dadurch an Stärke zunehmen und die Abweichung mußte östlich werden. Weil aber die Beobachter an jenen Orten dem magnetischen Pole sehr nahe waren, so konnten die Nordlichter mit kaum merklichen Unterschieden ihrer scheinbaren Lage eben so oft nach der einen als nach der andern Seite hin liegen, und so ist es also erklärlich, daß nach HOOD beide Fälle gleich oft stattfanden. Ich gestehe, daß ich aus theoretischen Gründen dieses Gesetz gern als ein richtiges ansehen möchte, in welchem Falle dann AL. V. HUMBOLDT's anfängliche Behauptung gegründet wäre, wonach die Spitze der Magnetenadel durch das Nordlicht (scheinbar) abgestoßen wird; allein ich wage nicht zu entscheiden, ob sich alle Beobachtungen, namentlich unter niedern Breiten, hiermit vereinigen lassen<sup>1</sup>.

Nimmt man alle bisher mitgetheilten Thatsachen zur Erhaltung eines endlichen Resultats zusammen, so läßt sich der Einfluß der Nordlichter auf die Magnetenadel auf keine Weise in Abrede stellen, und es ist allerdings ein Verdienst von ARAGO, daß er durch seine anhaltenden Bemühungen seit 1826 bis auf den gegenwärtigen Augenblick diese Thatsache außer Zweifel gesetzt hat. SCORESBY's und PARRY's Beobachtungen beweisen zwar vor der Hand allerdings, daß ein solcher Einfluß nördlich jenseit der Polarlichtzone nicht stattfindet, allein man würde allen historischen Glauben und alles Vertrauen auf fremde Erfahrungen umstoßen, wenn man denselben für die ganze

---

<sup>1</sup> Vergl. *Theorie*, am Ende.

Zone von etwa 40 bis 65° N. B. und 100° W. L. bis 100° O. L. in Abrede stellen wollte. Zeigt sich der Einfluß der Nordlichter auf hinreichend empfindliche Nadeln im Bereiche dieser Zone nicht, so könnte man diese Ausnahmen füglich daraus erklären, daß die auf die Nordspitze der Magnetnadel wirkenden Kräfte einander entgegengesetzt seyn, mithin sich wechselseitig aufheben können, wenn gleichstarke Nordlichter gleichzeitig beide magnetische Nordpole umlagern. Uebrigens reichen ANDERSON'S Bemühungen allein schon hin, die Thatsache selbst genügend zu begründen. Hierzu kommen aber, außer den bereits angegebenen, noch die sehr beweisenden Beobachtungen von KUPFER<sup>1</sup> am 5. Mai 1830 zu Petersburg, verglichen mit gleichzeitigen zu Nicolajew und Kasan, so wie nicht minder DOVE'S<sup>2</sup> Nachweisungen des Einflusses, welchen das Nordlicht am 19. Dec. 1829 auf die Magnetnadel zu Petersburg, Berlin, Freiberg, Kasan, Nicolajew und Alford äufserte, wobei noch der merkwürdige Umstand vorkam, daß an allen ersteren Orten die Abweichung östlich, am letztern aber westlich war, die große Zahl von Beobachtungen, welche HANSTEEN<sup>3</sup> vom 7. Juli 1830 an bis zum 7. Jan. 1831 gemacht hat, und endlich die an mehreren Orten von verschiedenen Beobachtern wahrgenommene Abweichung der Magnetnadel bei dem großen Nordlichte am 7. Jan. 1831, namentlich zu Siegen, Düren und Saarbrück, zu Berlin an mehreren Nadeln und zu Paris, woselbst die Veränderung der Deklination im Ganzen 1° 6' 47", der Inklination 21 Minuten betrug. Man darf also diese Thatsache als ausgemacht ansehen und künftige Beobachtungen haben nicht sowohl diese im Allgemeinen, als vielmehr die Art der Ablenkung und das Verhältniß derselben zum Orte des Nordlichts zu berücksichtigen.

3) Einige Gelehrte waren endlich geneigt, einen Zusammenhang zwischen der Zahl der Nordlichter und der magnetischen Abweichung anzunehmen, allein es hält nicht schwer, die

---

1 G. XCIV. 611. Ebendasselbst findet man die gleichzeitigen Beobachtungen zu Freiberg.

2 G. XCVI. 333.

3 Man findet diese Uebersicht ausführlich in Poggendorff Ann. XXII. 540. Noch mehr hierüber mitzuthellen unterlasse ich absichtlich, da ich ohnehin fast fürchten muß, zu ausführlich gewesen zu seyn.

Unzulässigkeit dieser Hypothese darzuthun, die **LE MONNIER**<sup>1</sup> zuerst aufgestellt zu haben scheint, indem er zu finden meinte, daß der Bogen der stärksten magnetischen Abweichung mit der größten Zahl der Nordlichter zusammenfalle. Die oben mitgetheilte Uebersicht der seit einer langen Reihe von Jahren beobachteten Nordlichter zeigt jedoch deutlich, daß von der Zeit an, als die westliche Abweichung der Magnetnadel an den Orten, welche etwa unter den Meridian von Paris fallen, = 0 war, also ungefähr seit 1660, bis auf den Anfang dieses Jahrhunderts, als sie ihr Maximum erreicht hatte, die Menge der Nordlichter sehr wechselte und mehrere Perioden des zahlreichen Erscheinens und der gänzlichen Abwesenheit durchlief; ja es fällt vielmehr das Maximum der westlichen Abweichung mit derjenigen Periode zusammen, in welcher die Nordlichter fast gänzlich fehlten. Es läßt sich daher diese Frage als völlig entschieden betrachten.

### C. Hypothesen zu dessen Erklärung.

In den ältesten Zeiten wurde das Nordlicht aus verschiedenartigen Dünsten erklärt, die von der Erde ausgestoßen sich in höhern Regionen ansammeln und dort entzündet werden sollten. Diese Erklärung, welche sicher aus den frühesten Zeiten abstammt, als man die meisten Meteore aus solchen schwefeligen oder alkalischen Dünsten ableitete; hat sich unter verschiedenen Modificationen bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts fortgepflanzt und wurde so allgemein angenommen, daß es kaum der Mühe werth ist, einzelne Gewährsmänner dieser herrschenden Ansicht namhaft zu machen. **LE MONNIER**<sup>2</sup> unter andern glaubte, diese Dünste stiegen zu einer erstaunlichen Höhe, **F. C. MAIER**<sup>3</sup> meinte, sie trennten sich nach Sonnenuntergang von den wässerigen und könnten dann erst in Brand gerathen; nach **FROBESIAUS**<sup>4</sup> bestehen sie aus höchst feinen, mit Eisstückchen gemengten Theilchen, und auch Mus-

1 Vergl. *Astronomie*. Bd. I. S. 116 ff.

2 *Institutions astronomiques*. Par. 1746. 4.

3 *Commentarii Soc. Petrop.* T. I. p. 364.

4 *Nova et antiqua luminis atque aurorae borealis spectacula*. Helmsl. 1789. 4.

SCHENCK <sup>1</sup> giebt sich viele Mühe, diese Hypothese wahrscheinlich zu machen. Nach seiner Ansicht steigen diese Dünste von der Erde auf, werden in den höhern Regionen mit andern Aetereogenen gemischt, gerathen dadurch in Gährung und diese führt dann die Entzündung herbei. Nach der Meinung mehrerer anderer, die durch MAIRAN erwähnt werden, strömen diese entzündlichen Dünste in der Gegend des Nordpols aus dem Innern der Erde und die Nordlichter sind dann zahlreicher, wenn die Poren daselbst weniger verstopft sind, so daß eine größere Menge von Dünsten ausströmen kann, wodurch also der periodische Wechsel der Nordlichter leicht erklärt wird. CRAMER <sup>2</sup> endlich nimmt an, die inflammablen Dünste strömten durch den Druck der Luft getrieben aus den heißen Ländern nach den Polen hin und entzündeten sich daselbst, PEYROUX DE LA COUDRENIÈRE <sup>3</sup> aber nimmt überall solche elektrische entzündliche Dünste an, unter denen die von der Erde aufsteigenden in den höhern Gegenden verbrennen und so die mancherlei leuchtenden Meteore, also auch die Nordlichter, erzeugen.

Fast von gleichem Alter hiermit ist die Hypothese, wonach das Nordlicht ein optisches Meteor seyn soll, welches dadurch erzeugt werde, daß das Eis und der Schnee um den Nordpol die Sonnenstrahlen gegen die hohle Fläche der obern Schichten der Atmosphäre reflectiren, von wo aus sie abermals zurückgeworfen zum Auge des Beobachters gelangten. Hierzu bekannten sich CARTESIUS, BURMANN, SPIDBERG <sup>4</sup> und FROBESIUS <sup>5</sup>, später aber wurde sie hauptsächlich unterstützt durch HELL <sup>6</sup>, welcher bei seinem Aufenthalte in Wardoehuus im Jahre 1769 das Nordlicht zu einem Hauptgegenstande seiner Beobachtungen machte. Dieser nimmt an, daß in der Polarzone eine Menge Eistheilchen bis zu bedeutenden Höhen in der Luft schweben, welche bei ihrer mannigfaltigen Lage das Licht mehrmals zu reflectiren vermögen, wodurch dann die große Höhe dieser Meteore wegfällt und ihr Erscheinen zu ei-

1 Cours de Phys. T. III. p. 389.

2 Ueber die Entstehung des Nordlichts. Hildesh. 1785. 8.

3 Gotha'sches Mag. Th. 1. St. 1. S. 10.

4 Acta lit. Sueciae ad ann. 1724.

5 Nova et ant. lum. atque aur. bor. spect. Helmst. 1739. 4.

6 Append. ad Ephem. astron. anni 1777.

ner Zeit, wenn die Sonne  $60^\circ$  unter dem Horizonte ist, keine weitem Schwierigkeiten darbietet, wenn man einmal das Vorhandenseyn solcher Eisblättchen in so grossen Höhen als zulässig annimmt. HÜRSCH<sup>1</sup>, TRIEWALD<sup>2</sup>, SAVIOLI<sup>3</sup>, DOBBI<sup>4</sup> und andere sind Anhänger dieser Hypothese, an welche sich eine Aeußerung von PLACIDUS HEINRICH<sup>5</sup> reihen läßt, daß nämlich der Nordschein phosphorisches Licht sey, welches von den grossen Massen des Polareises ausgestoßen werde. Inzwischen ist die Phosphorescenz des Eises, sobald es sich um eine so bedeutende Menge Licht handelt, keineswegs durch Erfahrung bewiesen, wenn gleich LÖRDE SAABYE<sup>6</sup> einst ein Stück Eis dem Nordlichte ähnlich leuchten sah, und ausserdem könnte die Phosphorescenz nicht füglich anders als durch Insolation erzeugt werden, welche jedoch in den langen Winter Nächten der Polargegenden gerade zu derjenigen Zeit wegfällt, wenn die Nordlichter sich am zahlreichsten entzünden.

HALLEY stellte nach der Beobachtung des grossen Nordlichts von 1716 eine Hypothese auf, welche in etwas veränderter Gestalt neuerdings von den bedeutendsten Physikern wieder hervorgehoben wird. Weil man nämlich die Wirkungen des Magnets aus einer in Wirbeln strömenden ätherischen Flüssigkeit erklärte und die Erde nach der Richtung der Magnetnadel sich als ein grosser Magnet zeigte, so nahm er an, daß das aus den Polen strömende und unter dem Aequator hin den entgegengesetzten Polen zufließende magnetische Fluidum während dieser seiner Bewegung in den niedern Höhen unter den polarischen Zonen leuchte. Eine Unterstützung seiner Meinung fand er in der westlichen Abweichung der Magnetnadel, welche mit der westlichen Richtung des gesehenen Nordlichtbogens zusammenfiel<sup>7</sup>. Schon früher hatte er zur Erklärung der Variation der magnetischen Abweichung in langen Perioden die Meinung geäußert, daß die Erde aus einer hohlen Kugel mit einer eingeschlossenen massiven bestehe, welche beide sich in unglei-

1 Untersuchung des Nordlichts. Cöln 1778. 8.

2 Schwed. Abh. D. Ueb. Th. VI. S. 103.

3 De aurora boreali. Bergamo 1789.

4 Tilloch's Phil. Mag. 1820.

5 Die Phosphorescenz der Körper. Nürnberg. 1811. 4. Th. I.

6 Tagebuch eines Aufenthalts in Grönland. S. LXV.

7 Phil. Trans. No. 847. Year 1717.



chen Zeiten um ihre Axe drehen. Den Zwischenraum zwischen beiden, meint er, könne man gleichfalls für bewohnt halten, und um ihn zu erleuchten, diene dann die Materie des Nordlichts, die zuweilen aus den dünnern Stellen an den Polen ausströme und auf diese Weise sichtbar würde<sup>1</sup>.

DE MAIRAN<sup>2</sup> widerlegt mit vielem Scharfsinne die ältern, vor seiner Zeit aufgestellten Hypothesen und weist die neue, von ihm selbst ersonnene, durch die künstlichste Beweisführung und mit ungewöhnlicher Beredtsamkeit zu unterstützen. Nach ihm reicht die Sonnenatmosphäre über die Erdbahn hinaus, und da die Erde zu gewissen Zeiten, die er genau mit der größern Zahl der Nordlichter in Verbindung zu setzen weist, in diese eintritt, so senken sich die in den Bereich der Anziehung durch die Erde gelangenden Theilchen derselben in die Atmosphäre herab, werden durch die Schwerkraft nach den Polen hingetrieben und bleiben dort in derjenigen Höhe schweben, in welcher sie mit der Luft ein gleiches specifisches Gewicht haben. Die tieferen Schichten enthalten also die gröbern Theile, welche das dunkle Segment und die untern Wolken bilden, aus denen sich die leichtern als Lichtsäulen erheben. Ueber diesen schwebt der feinere Stoff, welcher entweder an sich leuchtend oder durch Reibung und Gährung bei der Mischung mit Luft entzündet ist. Wegen der großen Erhebung über die Pole der Erde, über denen sie wegen dort mangelnder Schwungbewegung ruhig schweben, können sie bis tief in die gemäßigste Zone herab gesehen werden. Zur Erklärung der westlichen Richtung der Nordlichter nimmt er an, daß die Abendgegend der Erde, die von W. nach O. um ihre Axe rotirt, am spätesten in die Sonnenatmosphäre eintritt. Auf der Morgenseite hat dann der feine Stoff während des Tages schon Zeit gehabt, sich zu vertheilen oder nahe an den Pol zu ziehn, gegen Abend zu ist er noch in großer Menge und in voller Bewegung, weswegen das Licht mehr westwärts gesehen wird. So sehr übrigens DE MAIRAN seine Hypothese allen Einzelheiten bei den Erscheinungen des Nordlichts anzupassen gewußt hat, weswegen sie auch vielsei-

1 Phil. Trans. No. 195. p. 563.

2 *Traité physique et historique de l'aurore boréale*. Paris 1733. 4. 2me edit. 1754. gr. 4. Vergl. *Mém. de Par.* 1731 und die *Éclaircissements sur le traité cet.* in *Mém. de Par.* 1748. p. 863.

tig mit großem Beifall aufgenommen wurde, so fand sie dennoch gewiegte Gegner an L. EULER<sup>1</sup> und LAMBERT<sup>2</sup>, wemgleich die Einwürfe des erstern ziemlich genügend beseitigt worden sind<sup>3</sup>. Spätere Anhänger derselben, wie namentlich BERNHARD<sup>4</sup>, übergehn indess die von ihm angenommenen Gährungen, welche an sich auch überflüssig sind, da die Theile der Sonnenatmosphäre an sich schon leuchtend seyn müssen.

Nach L. EULER<sup>5</sup> entstehen die Nordlichter dadurch, daß die Sonnenstrahlen durch ihren heftigen Stofs gegen die feinem Theile der Atmosphäre, namentlich die Ausdünstungen der Erde, diese zu den großen, mehr als 1000 Meilen betragenden Höhen treiben, wo diese Meteore sich zeigen. Die Kometenschweife haben nach seiner Ansicht große Aehnlichkeit mit den Nordlichtern und müßten einem Beobachter auf der von der Sonne abgewandten Seite dieser Himmelskörper eben so erscheinen, auch würde unsere Erde gleichfalls einen solchen Schweif durch den Stofs der Sonnenatmosphäre erhalten, wenn die Theile ihrer Atmosphäre hierzu fein genug wären; daß aber die Polarlichter sich gerade an den Polen zeigen, hat darin seinen Grund, daß die Atmosphäre daselbst so lange ohne Unterbrechung von den Sonnenstrahlen getroffen wird.

FRANKLIN zeigte zuerst, daß der Blitz eine elektrische Erscheinung sey, und gilt daher bei einigen für den Urheber der Hypothese, wonach auch das Nordlicht elektrischer Natur seyn soll, allein CANTON ist wohl der eigentliche Erfinder dieser Erklärung. Dieser näherte luftleere Glasröhren dem Conductor einer Elektrisirmaschine und nahm das eigenthümliche in denselben strömende Licht wahr, welches ihm große Aehnlichkeit mit dem Nordscheine zu haben schien. Nach seiner Ansicht sollte die Elektrizität am Nordpole von einer Wolke zur andern strömen, dort insbesondere durch den Wechsel der Wärme und heftigen Kälte erzeugt werden, und er unterstützte diese Meinung zugleich durch die Behauptung, daß er bei Nacht nie-

1 Mém. de l'Acad. de Prusse. 1746.

2 Opusculs mathém. T. VI. p. 333.

3 DE MAIRAN in Mém. de l'Acad. 1747.

4 Physikalische Beschreibung der Erdkugel. Uebers. von Röhl. Th. II. S. 82.

5 Mém. de l'Acad. de Prusse. 1746.

mals Zeichen der Luftelektricität wahrgenommen habe, auſer beim Nordlichte, dann aber zugleich von vorzüglicher Stärke<sup>1</sup>.

Das eigenthümliche Leuchten der Elektricität im luftverdünnten Raume, ſowohl hiſichtlich der Färbung als auch des periodiſchen Aufblitzens des Lichtes, hat ſo viele Aehnlichkeit mit den Erſcheinungen der Nordlichter, daß CANTON's Hypotheſe ſchon an ſich viele Anhänger finden mußte, wenn man auch die herrſchende Vorliebe, unbekannte Phänomene vorzugsweiſe aus der ihrem Weſen nach ſo räthſelhaften Elektricität abzuleiten, nicht in Anſchlag bringt. Man darf daher wohl mit Recht annehmen, daß bei der leicht zu erkennenden Unhaltbarkeit der frühern Erklärungsarten dieſe neue bei weitem von der Mehrzahl der Phyſiker angenommen wurde, unter andern von HAMILTON<sup>2</sup> und hauptſächlich BECCARIA<sup>3</sup>. Nach der Anſicht des letztern ſtrömt die Elektricität ſtets von Norden nach Süden, erhebt ſich dabei in die höhern Regionen und wird dann beim Ueberſtrömen von einer Wolke in die andere ſichtbar. PRIESTLEY<sup>4</sup> tritt dieſer Meinung bei und meint, es habe ſeit ihrer Aufſtellung niemand an ihrer Richtigkeit gezweifelt. Eine ins Einzelne eingehende Erklärung fügte EBERHARD<sup>5</sup> hinzu, indem er annahm, die auf die kalte Polarluft fallenden Sonnenſtrahlen könnten dieſelbe nicht erwärmen, ſondern bloß erſchüttern, und erregten hierdurch ihre Elektricität, die ohnehin in jenen kalten Gegenden ſehr ſtark ſey. Auch LACÉPÈDE<sup>6</sup> iſt der elektriſchen Theorie zugethan und VIANO<sup>7</sup>, hauptſächlich aber iſt ſie ſehr ausführlich vorgetragen worden durch BERTHOLOM DE ST. LAZARE<sup>8</sup>, jedoch läuft ſeine Erklärung im Weſentlichen darauf hinaus, daß die Elektricität in den kalten nördlichen Gegenden ſehr ſtark ſey, ſich in die höhern Regionen erhebe,

1 Phil. Trans. XLVIII. 356. LI. 403.

2 Philosophical Essays. Essay III.

3 Lettere dell' elettricismo. Bologna 1758. 4. p. 272.

4 Geſchichte d. El. Uebers. von KRÜNITZ. S. 211. 221. 236.

5 Halliſche Intelligenzbogen von 1758, No. 49. Vermiſchte Abhandl. aus d. Naturlehre u. ſ. w. Halle 1759. 8. Th. I. S. 180.

6 Journ. de Phys. XI. 348.

7 Ebend. XXXIII. 153.

8 Journ. de Phys. XII. 359. 442. Daraus im Goth. Mag. I. 143. Am ausführlichſten in Encyclop. méth. Part. Phys. T. I. art. Aurore.

wo die Luft sehr dünn ist, und daselbst das eigenthümliche phosphorische Licht und diejenigen Farben zeige, die man im luftverdünnten Raume wahrzunehmen pflegt. Hiermit fast gleichzeitig wurde eine frühere und eine spätere Erklärung FRANKLIN'S<sup>1</sup> bekannt. Nach der ersteren besteht das Meer aus nicht elektrischem Wasser und aus elektrischem Salze, wovon die Elektricität sich beim Schlagen mit einem phosphorischen Lichtglanze trennt. Die Wolken der äquatorischen Gegenden nehmen diese Elektricität auf und führen sie den polarischen zu, und wenn sie dann mit den kältern und feuchten Wolken der nördlichen Zone zusammenkommen, so lassen sie ihre Elektricität mit einem Lichtglanze überströmen. Späterhin nahm er gleichfalls auf die Strömungen der Luft vom Aequator nach den Polen und umgekehrt Rücksicht und hielt das dunkle Segment für verdichtete Polarluft, im Ganzen aber wird nach seiner Ansicht das Nordlicht durch das Ueberströmen der Elektricität von einer Wolke zur andern erklärt.

Diese elektrische Theorie zur Erklärung des Nordlichts ist bis auf die neuesten Zeiten herab als die am meisten herrschende angenommen worden, indem sie von den einzelnen Physikern nur unbedeutend hinsichtlich der Erklärung des Ursprungs jener hell glänzenden Elektricität u. s. w. modificirt wurde. HARVIEU<sup>2</sup> beobachtete ein sehr schönes Nordlicht am 26. Sept. 1798 und meinte hiernach, daß die Hypothese BERTHOLON'S vollkommen zur Erklärung aller Einzelheiten des Phänomens genüge, bloß den einen Satz könne er nicht annehmen, nämlich daß die Richtung der elektrischen Strömungen von S. nach N. stattfinden sollte. Statt dessen nimmt er an, die Elektricität habe um so viel mehr Kraft, je geringer die Wärme sey, indem letztere oft ihre Stelle auf der Oberfläche der Körper einnehme. Es werde daher durch die tägliche Erwärmung der Erde Elektricität erzeugt und durch die Sonnenstrahlen gegen die Pole gedrängt, von wo aus sie sich am Abend durch südliche Strömung wieder ins Gleichgewicht

1 Experiments and observations on Electricity. Lond. 1769, 4. Works T. II. p. 367. Journ. de Phys. XII. 409. Daraus in Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte Th. II. S. 249. Ueber diese ältern Meinungen s. das Nordlicht u. s. w. von M. BÄHN. Lübeck 1770. 8. Corr. mém. sur la météor. T. I. p. 320.

2 Journ. de Physique XXXVI. 440. Daraus in Gren's Joura. III. 495.

setze. Fände sie hier dann Widerstand durch die trockne Luft, so müsse sie daselbst auf die mannigfaltigste Weise circuliren und die beim Nordlichte wahrnehmbaren Gestalten erzeugen. LICHTEBERG<sup>1</sup> meint, die nördlichen Polarlichter möchten wohl positiv, die südlichen dagegen negativ elektrisch seyn, weil diese weniger starke und lange Strahlen schiessen, als jene. J. T. MAYER<sup>2</sup> pflichtet der Erklärung FRANKLIN's bei und meint, die Abweichung derselben nach Westen werde wohl durch die grössere Kälte des nördlichen America's bedingt, indem die grossen Eismassen, über denen sie erzeugt würden, für unsere Gegenden mehr westlich lägen. Das dunkle Segment hält er übrigens nicht für verdichtete Polarluft, sondern für Dünste im Horizonte, die jedem Beobachter den untern Theil des Meteors bedeckten und daher die Gestalt des leuchtenden Bogens zeigten, der Bogen selbst aber, welcher nicht allezeit vollständig gebildet erscheint, beruht nach ihm auf einer optischen Täuschung, die dadurch entsteht, daß die dunstige Luft am nördlichen Horizonte viel dünnes, streifiges Gewölke enthält, welches in der Richtung von O. nach W. mit dem Horizonte parallel läuft. Nach LAMPADIUS<sup>3</sup> wird die Anhäufung der Luftelektricität in den Polargegenden durch die große Kälte und Trockenheit der dortigen Atmosphäre bedingt, welche eben so wenig als die aufgehäuften Eismassen ihr eine Ableitung darbiete. G. G. SCHMIDT<sup>4</sup> hält die große Aehnlichkeit des Polarlichtes mit der Elektricität im luftverdünnten Raume für hinlänglich entscheidend, um das Phänomen für ein elektrisches zu halten, ohne daß er es jedoch wagt, eine bestimmte Meinung über den Ursprung jener angehäuften Elektricität auszusprechen. Am ausführlichsten hat endlich HUMB<sup>5</sup> den Ursprung der Nordlichter zu erklären versucht. Nach seiner Ansicht

---

1 Comm. Soc. Reg. Gott. 1778. T. I. p. 78.

2 Lehrbuch über die physische Astronomie, Theorie der Erde und Meteorologie. Göt. 1805. 8. 818 ff.

3 Systematischer Grundriß der Atmosphärologie. Freiberg 1806. 8. 8. 81.

4 Handbuch d. Naturlehre. Gießen 1813. Th. II. 8. 769.

5 Ueber die Ausdünstung. Leipzig 1790. 8. 8. 298 ff. Die Hypothese von BARNES, wonach das Phänomen durch elektrisch gewordene und herabsinkende Schneetheilchen erklärt werden soll, mag nur im Vorbeigehn erwähnt werden. G. XXIII. 80.

bringen Kälte und Nebel unter den Polen eine starke Luftelektricität hervor, welche das nichtleitende Eis nicht abzuleiten vermag und die daher nach oben in die Regionen der dünneren Atmosphäre entweichen muß. Hauptsächlich geschieht die Anhäufung derselben über den ungeheuern Eismassen an der sibirischen Küste, indem CRANZ versichert, die großen Nordlichter stets in Ost oder Südost gesehen zu haben. Die Mittheilung der Elektricität von oben herab bewirkt dann Niederschläge, daher folgen in nördlichen Gegenden heitere Witterung, in südlichen aber trüber Himmel und Wolken auf dieselben. Die Wolken haben oft eine auffallende Aehnlichkeit mit den Nordlichtern, und daß die letztern elektrischer Natur sind, geht schon aus der Vermehrung der Luftelektricität bei ihrem Erscheinen hervor. Die großen Nordlichter haben daher ihren Sitz an den sibirischen Küsten, wo sie GMELIN so hell leuchtend und in überwiegender Menge beobachtete, kleinere ähnliche Erscheinungen aber kommen überall vor<sup>1</sup>.

Vor Erwähnung der neuesten magnetischen oder elektromagnetischen Theorie muß noch einer andern gedacht werden, welche sich von den frühern bis in die neuesten Zeiten erhalten hat. Die älteste Hypothese, daß das Nordlicht durch Verbrennung von Dünsten entstehe, die man schwefelige oder alkalisches oder säuerliches nannte, kann wohl nicht füglich eine Theorie genannt werden, weil die eigentliche Beschaffenheit der verbrennenden expansibeln Flüssigkeiten überall nicht bestimmt angegeben ist, sie wurde daher als werthlos wenig beachtet, bis die neuern Gelehrten das Wasserstoffgas als die eigentliche verbrennende und hierdurch leuchtende Substanz angaben. KIAWAN<sup>2</sup> gab zuerst eine vollständigere Darstellung

---

1 Die sämmtlichen Hypothesen über die Ursachen einer Anhäufung der Elektricität in den Polargegenden anzuführen scheint mir überflüssig. Unter a. a. American Journ. of Sc. 1827. Jul. Daraus in Bibl. univ. 1830. Mars. p. 283. und Wiener Zeitschr. VIII. 110. Auch SCHÜTZEN hält das Nordlicht für eine elektrische Erscheinung, welche durch die Anhäufung der Elektricität in den nördlichen Polargegenden erzeugt werde, indem die Luftelektricität nicht bloß im Winter, also auch in der Kälte, stärker sey, sondern auch dort durch feuchte Luft nicht abgeleitet werde. S. Grundsätze der Meteorologie S. 159.

2 Trans. of the Royal Irish Acad. 1788. T. II. Daraus in Gron's Journ. IV. 87.

dieser Hypothese. Nach ihm erzeugen Fäulniß, Vulcane und andere Ursachen, hauptsächlich in der äquatorischen Zone, eine Menge Wasserstoffgas, welches seiner Leichtigkeit wegen in die Höhe steigt und den Polargegenden zuströmt, woselbst es durch den elektrischen Funken entzündet werden soll. Eine Unterstützung findet diese Ansicht in dem Umstande, daß gewöhnlich starke südliche Winde auf das Nordlicht folgen sollen, weil die Masse der Luft im Norden beträchtlich vermehrt wird. Ferner soll die allgemeine Luftströmung vom Aequator nach den Polen über America stärker und daher sollen die Nordlichter dort häufiger seyn. Niemand hat sich über den Zusammenhang der Nordlichter mit der Witterung bestimmter erklärt, als WYNN<sup>1</sup>, welcher versichert, im englischen Canale seine Beobachtungen angestellt zu haben, wo er durch die Vorbedeutung der Nordlichter oft den Gefahren entgangen sey, denen andere unterlagen, wodurch also die Kirwan'sche Hypothese eine bedeutende Unterstützung erhalten müsse.

Unter den Anhängern dieser Theorie kann ALEX. VOLTA<sup>2</sup> genannt werden, welcher es denkbar findet, daß diese Gasart, welche in großer Menge auf der ganzen Oberfläche der Erde und aus dem Wasser erzeugt wird, vermöge ihrer Leichtigkeit aufsteigen, sich in den obern Regionen erhalten und durch die Schwungkraft dort aufgehäuft werden müsse, demnächst aber verbrennend das Nordlicht erzeuge. Inzwischen deuten andere Ausdrücke dieses Gelehrten an, daß er auf diese Conjectur selbst keinen großen Werth legte und im Ganzen der elektrischen Theorie den Vorzug gab. PATAIN<sup>3</sup> dagegen ist ein entschiedener Anhänger der Kirwan'schen Hypothese. Auch nach seiner Ansicht sammelt sich das Wasserstoffgas durch die normalen, in den höhern Regionen der Atmosphäre stattfindenden Luftströmungen um die Pole der Erde an und würde hier den lebenden Wesen gefährlich werden, wenn es nicht durch den elektrischen Funken entzündet im Nordlichte verbrennte. Auf gleiche Weise wird diese Meinung auch sonst verschiedentlich durch die beiden, jedoch keineswegs vollständig erwiesenen, That-

1 Phil. Trans. 1774. T. LXXIII. p. 128.

2 Briefe über die entzündbare Luft der Sümpfe. Aus d. Ital. von Köstlin. Straßb. 1778. 8. Br. 5.

3 Biblioth. Britann. XLV. 89.

sachen unterstützt, nämlich daß die Nordlichter ein Getöse verursachen und allezeit oder meistens Südwinde zur Folge haben<sup>1</sup>. LITTLE<sup>2</sup> verbindet zwei Meinungen, indem er annimmt, die Elektricität verbreite sich in den höhern Regionen der dünnen Atmosphäre, ihr Licht werde jedoch durch verbrennendes Wasserstoffgas recht sichtbar, LIBES<sup>3</sup> aber leitete anfangs bloß das zischende Getöse von verbrennendem Wasserstoffgas ab, das Licht dagegen betrachtete er als elektrisches, später jedoch hat er eine sehr künstliche Erklärung des ganzen Phänomens aufgestellt, die sich kaum in kurzen Worten mittheilen läßt<sup>4</sup>. In der Hauptsache stützt er sich auf die Erfahrung, daß der elektrische Funke beim Durchgange durch atmosphärische Luft Salpetergas erzeugt, welches als dunkelbraunrother Dampf erscheint und daher den diesem ähnlichen Theil des Nordlichts bilden soll. Außerdem finde sich unter den Polen und in der Umgegend derselben gar kein Wasserstoffgas, sondern dieses bleibe unter niedern Breiten, werde aber entzündet, wenn der elektrische Funke von den Polargegenden dasselbe erreiche u. s. w. Die ganze Hypothese ist nie sehr beachtet worden und hat auf jeden Fall keine Anhänger erhalten, beides aus leicht begreiflichen Ursachen.

Einen desto gewichtigeren Vertheidiger hat KIRWAN's Theorie neuerdings an PARROT gefunden. Dieser unterstützte dieselbe schon früher<sup>5</sup> durch das gewichtige Argument, daß nach einfachen Berechnungen Millionen Kubikfusse Wasserstoffgas von der Erde aufsteigen, ohne daß bis jetzt irgend jemand nachzuweisen vermochte, wo dasselbe bleibt, später aber zeigte er, wie vielfache, durch Baron v. WRANGEL beobachtete Einzelheiten auf diese Weise am einfachsten erklärbar seyen<sup>6</sup>. Die große Menge des aufsteigenden, mit andern Substanzen verunreinigten Wasserstoffgases läßt sich leicht nachweisen,

---

1 Edinb. Mag. 1824. Jul. p. 49.

2 Irish Trans. T. VI. p. 387.

3 Journ. de Ph. XXXVIII. 191.

4 Nouveau Dict. de Phys.

5 Theoretische Physik. Th. III. S. 495.

6 Physikalische Beobachtungen des Capitain-Lieutenant Baron v. Wrangel u. s. w. von G. F. Parrot. Berl. 1827. S. 83. Recueil des actes de la séance publique de l'Académie impér. des Sc. de St. Petersb. 1828. p. 49.



selbst wenn man in Folge endiometrischer Versuche zugiebt, daß es vielleicht nicht mehr als 0,0001 der atmosphärischen Luft beträgt und also durch kein Endiometer aufzufinden ist. Das Aufsteigen desselben soll in Form von Säulen geschehn, welche ihre Gestalt im Ganzen beibehalten, durch die Luftströmung vom Aequator nach den Polen getrieben werden und vermuthlich durch die enorme Kälte in jenen Höhen von etwa 20 geographischen Meilen eine eigenthümliche Verdichtung erleiden, damit ihre bekannte spezifische Leichtigkeit sie nicht fortwährend in größere Höhen treibe. Die Richtung dieser Säulen, auf deren Bewegungen so viele und verschiedene Ursachen wirken, muß in einem hohen Grade mannigfaltig seyn, einige können sogar horizontal zu liegen kommen, bevor sie keinen weiteren Störungen unterworfen an den Ort ihrer Verbrennung gelangen, und diese geben dann den Schein der im Innern des Segments aufsteigenden und oft dessen obere Grenze nicht überschreitenden Säulen. Zur Erleichterung der Uebersicht dieser Bedingung wird dann noch hinzugesetzt, daß dieselbe überhaupt nicht eben als schwierig erscheine, indem die Ursache des Nordlichts eine Ansammlung von Wasserstoffgas sey, wie die der Wolken von Wasserdampf; allein gerade der Umstand, daß es so seyn müßte und daß zwischen beiden dennoch höchst auffallende Unterschiede vorwalten, hat die Physiker bis jetzt abgehalten, dieser sonst sinnreichen Hypothese beizupflichten. Schlimm bleibt in voraus der Umstand, daß die zu Hülfe genommene eigenthümliche Verdichtung des Wasserstoffgases durch sehr hohe Kältegrade, vermöge deren es mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht kommen soll, der Natur einer an sich so leichten Gasart am meisten zuwider ist, allein es scheint mir, daß man hierauf keinen großen Werth legen müsse. Die Atmosphäre ist nämlich begrenzt und bei ihrer außerordentlichen Dünne in jenen bedeutenden Höhen könnte immerhin eine mehrere Meilen hohe Schicht von Wasserstoffgas als die oberste zur Erklärung des Nordlichts angenommen werden, zumal wenn man das Dalton'sche Gesetz als gültig anerkennen wollte. Allein die Hauptschwierigkeiten erheben sich von ganz andern Seiten her. Der Wasserdampf steigt aller Orten auf, wird aber auch überall in der Atmosphäre gefunden, statt daß man vom Wasserstoffgas nirgends eine Spur entdeckt. Soll dieser Einwurf durch die Annahme einer allgemeinen Verbreitung

desselben beseitigt werden, so ist dieses allerdings mit der Erfahrung übereinstimmend, wonach die Gasarten sich innig vermengen; dann aber fehlt die Ursache, welche diese allgemein verbreiteten Theile, dem Verhalten der Gasarten zuwider, nachmals zu vereinigen vermöchte, wonach also das Aufsteigen und Fortströmen des Wasserstoffgases in Säulenform von selbst unzulässig wird. Es läßt sich ferner von dem Explodiren kleiner Quantitäten von Wasserstoffgas nicht mit vollkommener Sicherheit auf das Verbrennen so großer Massen schließen, allein als sichere Erfahrung darf es betrachtet werden, daß jene Gasart bei der Berührung sich sofort mit Sauerstoffgas mengt, denn der geringste Antheil des einen wird sich sogleich in der größten dem Versuche möglichen Menge der letzteren verbreiten, wovon die Explosionen des Leuchtgases und der schlagenden Wetter Beispiele im Großen darbieten. Jedes solches Gemenge verbrennt dann nach der Entzündung in einem unmeßbar kleinen Zeitraume, und es ist ganz unmöglich, diejenigen Ursachen aufzufinden, welche eine mehrstündige, ja sogar bis drei Tage lange Dauer der Nordlichter und das zuweilen stundenlange Feststehn eines leuchtenden Bogens zu bedingen vermöchten. Endlich aber, wenn man auch nicht in Anschlag bringt, daß Explosionen von Knallgas in so großem Maßstabe und in solcher Nähe, als worin einige Nordlichter unleugbar namentlich durch Capt. FRANKLIN und seine Begleiter beobachtet worden sind, nothwendig ein größeres Getöse verursachen und eine bedeutendere Menge Wasserdampf erzeugen müßten, als sich beim Nordlichte nachweisen lassen, bleibt vor allen Dingen ganz unerklärt, warum die Nordlichter die magnetischen Pole der Erde umlagern, da es ohnehin schon sehr kühner und kaum aufzufindender Hypothesen bedarf, um die Möglichkeit nachzuweisen, daß das Wasserstoffgas zuvor den Polen zuströmt, ehe es entzündet wird.

PARROT ist ein zu sehr erfahrener Physiker, als daß ihm diese Einwürfe entgangen seyn sollten, mit Ausnahme des letzten, welcher jedoch hauptsächlich auf den Resultaten der durch die neuesten Reisenden angestellten Beobachtungen beruht. Er sucht dieselben daher durch die bereits erwähnte Hypothese zu beseitigen, daß das durch Kälte eigenthümlich condensirte Wasserstoffgas herabsinke und die einem andern Gesetze der Condensation folgende atmosphärische Luft davon trenne. Da

wo dann die größte Menge desselben zusammenfließt, wird der eigentliche Herd des Nordlichts, der Kern desselben, gebildet, indem nach der einmal durch Sternschnuppen geschehenen Entzündung die Masse des Gases nur allmählig an ihrer Oberfläche verbrennt und die allseitig herbeiströmenden Säulen an dieser entzündet werden, deren einige noch atmosphärische Luft beigemischt enthalten, daher bei schnellerer Verbrennung die Erscheinung des momentanen Aufschießens erzeugen. Allein wenn man auch die keineswegs erwiesene eigenthümliche Condensation des Wasserstoffgases durch Kälte zugeben wollte, so streitet es abermals gegen alle Erfahrung, daß dann die leichtere atmosphärische Luft ausgeschieden werden und aufsteigen sollte, da im Gegentheil die verschieden specifisch schweren Gasarten beim Zusammenkommen sich mengen, selbst ihren specifischen Gewichten entgegenströmend, so daß eine diesem bekannten Verhalten entgegengesetzte Hypothese allzuwenig begründet erscheinen muß. Aber gesetzt man wollte auch diese einmal zugeben, so würde eben dadurch eine neue Schwierigkeit erzeugt werden. Da nämlich das Wasserstoffgas den angenommenen Bedingungen nach stets aufsteigt und die vom Aequator nach den Polen hin gerichteten Luftströmungen zwar der Regel nach, aber nicht stets und ohne Ausnahme stattfinden, die Gasart also oft eben so leicht selbst 100 Meilen lothrecht aufsteigen, als etwa 1000 Meilen horizontal fließen kann, so müßte sie nothwendig schon wegen dieses noch immer zu kleinen Verhältnisses von 1 zu 10 in Regionen kommen, wo die sehr geringe Temperatur jene angenommene Verdichtung zu bewirken vermöchte. Gesetzt auch, sie verweilte daselbst nicht lange genug, damit alle atmosphärische Luft sich von ihr trennen könnte, so wäre sie ebendadurch zur Entzündung so viel mehr geeignet, und es bleibt dann ganz unbegreiflich, warum sie nicht an allen Orten im Himmelsraume entzündet werden und die Erscheinung des Nordlichts darbieten sollte. Es ist eigen, daß man dieses Argument gleichsam umkehren und auch dann abermals gegen die Theorie benutzen kann. FRANKLIN und seine Begleiter haben Nordlichter beobachtet, welche entschieden nicht höher als etwa 1000 Toisen waren und bei einer Temperatur von kaum  $-5^{\circ}$  R. Wir wollen indeß beide Größen verdoppeln, so befanden sie sich in einer Temperatur von  $-30^{\circ}$  R., wenn wir 100 Toisen Höhe für die Wärmeabnahme von

1° R. rechnen. Wenn also diese Temperatur hinreicht, um das Wasserstoffgas so weit zu verdichten, daß es schwerer wird, als die atmosphärische Luft, so muß man billig fragen, warum weder FRANKLIN noch PARRY bei Temperaturen von — 30 und sogar — 40° R. jemals wahrnahmen, daß das Wasserstoffgas sich bis in ihre Umgebung herabsenkte und dort durch so manche dargebotene Gelegenheiten entzündet wurde. Weil endlich das durch hohe Kältegrade condensirte Wasserstoffgas so lange herabsinken muß, bis die wachsende Temperatur dasselbe mit der atmosphärischen Luft zum Gleichgewichte bringt, so folgt hieraus, daß die Nordlichter im Sommer und bei geringerer Kälte höher seyn müßten, als im Winter, was jedoch gleichfalls der Erfahrung widerstreitet<sup>1</sup>.

Die Ausführlichkeit, womit ich die Gründe gegen die so eben geprüfte Hypothese hauptsächlich aus ihr selbst zu entnehmen gesucht habe, wird leicht Entschuldigung finden, wenn man berücksichtigt, daß sie von zwei berühmten Physikern vertheidigt worden ist und bei der Erklärung eines auf jeden Fall höchst schwierigen Problems zugleich nachweist, wo die große Menge des stets aufsteigenden Wasserstoffgases endlich bleibt. Daß die Entzündung des letztern durch Sternschnuppen geschehn soll, ist eine Hypothese, die sich nicht widerlegen läßt, weil dieselben so zahlreich sind, daß die verhältnißmäßig so seltenen Nordlichter ihnen füglich ihren Ursprung verdanken könnten; Baron v. WANGNER's Beobachtungen hierüber sind oben bereits erwähnt worden. Die Erklärung der Kronen findet PARROR selbst sehr schwierig, meint aber, sie würden erzeugt durch zufällig angehäuften größere Massen Wasserstoffgas, welche auf ihrer von Süden nach Norden gerichteten Strömung durch eine vom Kerne des Nordlichts ausgehende, bis zu ihnen reichende und schnell verbrennende Säule Wasserstoffgas von minderer Reinheit entzündet würden und sich nach allen Seiten kreisförmig zerstreuten, wie etwa der Rauch eines verpuffenden Bläschens Phosphorwasserstoffgas. Ein solcher Zufall muß allerdings selten kommen, wie denn die Kronen auch nicht häufig

---

1 Es sey mir erlaubt zu bemerken, daß nach PARROR das Wasserstoffgas 20 geogr. Meilen aufsteigen und einer Temperatur von — 760° oder mindestens — 888° C. ausgesetzt seyn soll; allein dieses widerstreitet den Erfahrungen über die Höhen der Nordlichter.

sind, allein dennoch giebt diese Erklärung dem bereits erwähnten Argumente größeres Gewicht, warum nämlich solche Massen nicht öfter unter allen Breiten entzündet werden und das Phänomen der Nordlichtkronen zeigen. Aber auch ohne dieses entsteht ein neuer Einwurf aus dem Umstande, daß die Kronen sich allezeit wenige Grade vom Zenith und, wenn auch nicht genau, doch sehr nahe in der Verlängerung der Neigungsnadel zeigen.

Es ist bereits oben erwähnt worden, daß man schon in frühen Zeiten einen Zusammenhang zwischen den Nordlichtern und dem Magnetismus, namentlich in Beziehung auf die Lage des Nordlichtbogens und die Richtung der Abweichungsnadel, desgleichen des Orts der Krone und die verlängerte Axe der Neigungsnadel wahrgenommen hatte, so daß HALLEY das Nordlicht selbst für die Wirkung magnetischer Strömungen aus beiden Erdpolen erklärte. Dieser Ansicht steht jedoch das unüberwindliche Hinderniß im Wege, daß der Magnetismus bis jetzt nie die geringste Spur einer Lichterscheinung dargeboten hat, die dem Nordscheine auf jeden Fall wesentlich zugehört, weswegen denn die spätern, den Magnetismus berücksichtigenden Hypothesen insgesamt modificirt sind. Unter diesen verdienen insbesondere drei erwähnt zu werden, die von DALTON, BIOT und HANSTEEN.

DALTON<sup>1</sup> gilt als der eigentliche Erfinder dieser Theorie und ist durch seinen Scharfsinn der Entdeckung des Elektromagnetismus somit vorausgeeilt. Durch ihn ist es übrigens bekannt geworden, daß die nämliche Idee schon früher geäußert worden war<sup>2</sup>, jedoch nur als allgemeine Vermuthung und ohne die Einzelheiten des Nordlichtphänomens aus einer bestimmt ausgesprochenen Hypothese abzuleiten. Nach der Meinung DALTON's besteht das Nordlicht aus einzelnen Cylindern magnetischer Materie, welche in ungleichen Höhen und parallel mit der Richtung der Neigungsnadel schwebend allerdings die Phänomene der Bögen und Säulen durch optische Bedingungen erzeugen könnten, indem sie insgesamt in einem durch die ver-

---

<sup>1</sup> Meteorological observations and essays. London 1793. p. 64. 153.

<sup>2</sup> Mathematical, geographical and philosophical delights cond. by Whiting. Lond. 1792. No. 1.

längerte Axe dieser Nadel gegebenen Punkte zu convergiren scheinen müßten. Die magnetische Materie ist nach ihm ferner nicht selbst leuchtend, sondern das Licht wird erzeugt durch die sie durchströmende Elektricität, welche ihre sonstigen Eigenschaften etwas abändert. DALTON meint, daß alle von ihm seit 1793 bis 1801 beobachtete Nordlichter diese Hypothese vollkommen bestätigten<sup>1</sup>; inzwischen muß man doch bekennen, daß die ganze Hypothese auf keine einzige ausgemachte Thatsache gebaut ist. Die Richtung der Neigungsnadel wird nämlich durch die Anziehung der terrestrischen Magnetpole gegeben, aber hieraus folgt nicht, daß eine wirkliche magnetische Materie in dieser Richtung strömend oder schwebend auf der Erde vorhanden ist, noch weniger aber läßt sich irgend eine Thatsache zum Beweise dafür beibringen, daß diese zugleich der Elektricität zum Leiter dienen könne oder müsse, indem die Elektricität noch obendrein hier zu Hülfe gerufen wird, ohne zuvor ihren Ursprung und ihr plötzliches Vorhandenseyn nachzuweisen.

BROT<sup>2</sup> hat diese Hypothese weiter entwickelt. Nach ihm befindet sich das Nordlicht in unserer Atmosphäre und besteht aus leuchtenden Strahlen, wobei es jedoch nothwendig ist, wenn die verschiedenen Formen erklärt werden sollen, auf die Perspective Rücksicht zu nehmen, wie unter andern auch die durch ein Gewölk fallenden Strahlen der Sonne nach einem Punkte zu convergiren scheinen, obgleich sie parallel sind. Indem also die Strahlen des Nordlichts stets größte Kreise am Himmelsgewölbe zu beschreiben scheinen und ihre Richtung nach demjenigen Punkte hin nehmen, nach welchem eine ganz frei schwebende Magnetnadel hinweist, so muß man sie in der Wirklichkeit für cylindrisch und dieser Nadel parallel halten. Weil sie ferner in ihrer ganzen Länge Ungleichheiten des Lichts und der Dicke zeigen, so muß man sie als zusammengesetzt aus einer Menge kürzerer Cylinder betrachten, und das Nordlicht im Ganzen besteht also aus einem Walde leuchtender Säulen, die insgesamt der mittlern Richtung der magnetischen Kräfte, also auch unter einander parallel sind, in der Luft in fast gleicher

1 Mem. of the Soc. of Manchester. T. V. p. 666 ff.

2 Journ. de Phys. XCIII. 5. 98. Auch im Journ. des Savans 1820. p. 341. 360. und daraus in G. LXXII. 1. 173.

Höhe schweben und nach den Regeln der Perspective die dem Nordlichte eigenthümlichen Forment erzeugen, wie unter andern die Krone mit den allseitig scheinbar von ihr ausgehenden Strahlen, wenn sie über das Zenith hinausgehend zu demjenigen Punkte gelangen, nach welchem die Spitze der Neigungsnadel hinweist. An diese meistens noch Dalton'schen Sätze knüpft Bior die ihm eigenthümlichen Hypothesen. Hiernach sind die Nordlichter ganz eigentliche, in der Regel aus Norden kommende Wolken aus feinen, lange in der Luft schwebenden Theilchen, die der Beleuchtung fähig, vorzüglich aber für den Erdmagnetismus empfindlich sind und durch diesen sich in Säulen ordnen. Es giebt indess keine andere Substanzen dieser Art, außer metallische, und aus solchen muß daher das Nordlicht bestehen, die dann ihrer Natur nach die verschiedenen Elektricitäten aus den ungleich hohen Luftschichten mit einem bei unterbrochener Leitung stets vorhandenen Leuchten herabführen, ohne Geräusch, so lange die Luft verdünnt ist, aber mit einem Getöse, sobald dieselbe die untern isolirenden Lagen der Atmosphäre durchbricht. Die eigentlichen magnetischen Theilchen des Meteors können also vorhanden seyn und auf die Magnetsnadel wirken, ohne daß sie leuchten; auch kann das elektrische Licht an manchen Stellen stärker zum Vorschein kommen, das ganze Phänomen muß aber nach Süden hin abnehmen, weil da die Cylinder eine mehr horizontale Lage erhalten und die größere Feuchtigkeit der Luft die Elektricität stärker ableitet. Außer dieser allgemeinen Masse sollen jedoch die Nordlichter noch einzelne kleine, phosphorisch leuchtende aussenden.

Bior meint, bis so weit sey alles reine Thatsache, was jedoch in Beziehung auf die Anwesenheit der metallischen Substanzen und ihres Magnetismus, wenn sie in dampf- oder dunstartiger Feinheit vorhanden seyn sollen, unmöglich jemand sofort zugeben wird. Als rein factisch betrachtet er ferner, daß die Materie der Nordlichter bloß unter hohen Breiten ihren Ursprung habe und von hier aus den niedern zugeführt werde, ja daß die Richtung der Abweichungsnadel überall auf einen nordwestlich von Grönland und etwas nördlich von der Baffinsbai liegenden Punct hinweise, von welchem aus alle Nordlichter ausgehn müssen. Durch nicht allzuwohl begründete Combinationen deutet er dann darauf hin, daß die nördliche Erdzone sehr allgemein mit Vulkanen umgeben sey, beschreibt, welche

große Massen, namentlich von Asche, durch die isländischen Vulcane emporgeschleudert werden, deutet darauf hin, daß 1783 ganz Europa aus dieser Quelle mit einem trocknen Nebel überdeckt wurde, und folgert dann aus allem diesen, daß die Materie des Nordlichts aus ähnlichen vulcanischen Producten bestehn könne. Gegenwärtig fühlt indeß jeder, daß dieser letztere Theil der Theorie gewiß nicht aufgestellt wäre, wenn man damals schon die Resultate der neuesten englischen Entdeckungsreisen gekannt hätte, obgleich es dennoch auffallend seyn muß, daß BROT die so nahe vorliegende Frage gar nicht berücksichtigt hat, warum das ganz vulcanische Island nicht vielmehr den eigentlichen Herd der Nordlichter abgiebt, oder mindestens gleichfalls einen solchen, falls es denkbar ist, daß irgendwo im höhern Norden noch größere und dennoch ganz unbekannt gebliebene vulcanische Thätigkeiten sich vereinigen fänden. Warum die Cylinder weiter nach Süden eine horizontale Lage erhalten sollen, wie es möglich sey, daß einzelne Nordlichter über eine Zone von mehr als 100 Längengraden gleichzeitig gesehen wurden, aus welchen Gründen sie in Sibirien und Nordamerica so häufig sich zeigen, diese und zahlreiche andere Fragen bieten eben so viele unüberwindliche Schwierigkeiten gegen die aufgestellte Hypothese dar.

HANSTEEN giebt eine auf die Einzelheiten des ganzen Phänomens sich beziehende Erklärung und eine Hypothese über das eigentliche Wesen desselben. Den ersten Entwurf hierzu theilte er nur gelegentlich als Anmerkung zu der Nachricht von der Wiederauffindung der Ostküste Grönlands durch SCORRER mit<sup>1</sup>, späterhin verbesserte er diesen selbst und erläuterte das Ganze durch einige Figuren, die mir jedoch zum Verständniß nicht gerade nothwendig zu seyn scheinen<sup>2</sup>. Nach seiner Ansicht besteht das Nordlicht aus einer großen Menge unter einander paralleler, in der Richtung der Neigungsnadel aufsteigender Strahlen oder Lichtcylinder, wie DALTON meint, die in einer

---

1 Magazin for Naturvidenskaberne. Aargang 1824. 1. Hft. p. 85. Aufgenommen in Edinb. Phil. Journ. XXIII. 83. XXIV. 235. Uebersetzt mit Anmerkungen von KÄMTZ in Schweigger's Journ. N. R. XVI. 188 ff.

2 Phil. Magaz. and Ann. T. II. p. 338. Daraus in Schweigger's Journ. N. R. XVIII. 360.



bedeutenden Entfernung von einander sind. Die Richtungen dieser Strahlen liegen in einem Kreise, dessen Mittelpunkt der jedesmalige Magnetpol der Erde ist, und zwar gehören die meisten Nordlichter den beiden stärkern Polen der magnetischen Erdaxe in Nordamerica und in Neuholland zu. Ist das Auge des Beobachters gegen das magnetische Zenith (den in der verlängerten Richtungslinie des Südpols der Inklinationsnadel liegenden Punkt) gerichtet, so läuft die Gesichtslinie mit diesen Strahlen parallel und man erblickt das blaue Himmelsgewölbe, nach jeder andern Richtung stößt aber die Gesichtslinie auf mehrere hintereinander liegende Strahlen und erblickt also den Lichtschein, wobei jedoch, um die Form des Bogens und das dunkle Segment unter demselben zu erklären, noch angenommen werden muß, daß die Lichtcylinder kurz und unten, wo sie von der Erde aufsteigen, nicht leuchtend sind, im Gegentheil sollen sie die Atmosphäre bei ihrem Durchgange durch dieselbe verdunkeln und erst an der Grenze derselben leuchtend werden, wodurch dann nicht bloß das dunkle Segment, sondern auch der Umstand eine Erklärung erhält, daß die an sich heitere Luft beim Nordlichte sich in schnell folgenden Wechseln oft beträchtlich trübt, welches HANSTEEN als die wahrscheinliche Folge einer Verdichtung des vorhandenen Wasserdampfes betrachtet.

Aus diesen Voraussetzungen lassen sich, wie ich glaube, alle verschiedene Erscheinungen beim Nordlichte sehr gut erklären. Es folgt nämlich zunächst, daß jeder Beobachter, wie beim Regenbogen, ein besonderes Nordlicht sieht, insofern seine Gesichtslinien nach eigenthümlichen Lichtstrahlen gerichtet sind. Am Horizonte müssen ferner die Lichtstrahlen aufzuschließen scheinen und, so wie sie höher steigen, sich zu einem Bogen vereinigen, welcher mit der Höhe schmaler und minder leuchtend wird, wenn ihn nicht die trübere Luft in der Nähe der Erdoberfläche unten verdunkelt. Gar keine Schwierigkeiten bieten die einzeln sich zeigenden Lichtsäulen dar und die Lichtblitze, welche an den unterschiedenen Stellen des Bogens oft mit großer Schnelligkeit emporsteigen, bloß die Bildung der Nordlichtkrone scheint mir aus dieser Hypothese nicht erklärlich zu seyn und ich nehme daher um so lieber alles zusammen, was HANSTEEN darüber aufstellt. Er sagt: Aus der vom Pole abwärts gewendeten Seite des Bogens strömen Lichtsäulen in fast senkrechter Richtung auf denselben bis zum Zenith hinauf,

und wenn diese so groß sind, daß sie sich weit über das Zenith hinaus nach Süden erstrecken, so bilden sie in der Nähe des Zeniths eine Art Glorie oder Krone. Die Entfernung derselben vom südlichen Horizonte kommt genau der Neigung des Beobachtungsortes gleich, so daß also der Südpol der Neigungsnadel genau gegen die Mitte der Krone gerichtet ist. Bei der Bildung derselben zeigt sich das Nordlicht in seiner schönsten Pracht, indem das Himmelsgewölbe das Ansehn einer glänzenden, von verschiedenfarbigen Lichtsäulen getragenen Kuppel hat. Die Krone scheint der Vereinigungspunct der aus dem Bogen aufsteigenden Lichtstrahlen zu seyn<sup>1</sup> und ihre Bildung kann nur durch die Annahme erklärt werden, daß die Lichtstrahlen von der Oberfläche der Erde in einer Richtung ausstrahlen, welche mit der Neigung der Magnetnadel, also mit der Resultirenden der magnetischen Kräfte der Erde parallel läuft<sup>2</sup>. Nehmen wir nun an, daß eine Ebene den Himmel im magnetischen Zenith erreicht und daß die Lichtsäulen in einer Richtung ausfahren, welche senkrecht auf dieser Ebene steht, so begreift man, wie die Bildung der Krone, in welcher sich alle diese Strahlen zu sammeln scheinen, möglich ist. Die Strahlen, welche aus dem Bogen gegen das Zenith zu schießen scheinen, gehn nicht in aller Strenge von dem leuchtenden Ringe aus, noch sind sie zu Lichtsäulen verbunden, sondern jeder von ihnen ebensowohl, als der Ring selbst, besteht aus einer großen Anzahl von kurzen Lichtcylindern, welche eng an einander liegen und fast parallel sind<sup>3</sup>. Man kann dieses versinnlichen, wenn man einen Globus so stellt, daß seine Axe 18 bis 20 Grade von der auf den Horizont perpendicularen Linie abweicht; die Meridiane stellen dann die scheinbare Richtung der Lichtcylinder und der Parallelkreis in 80° oder der Pol selbst die Krone dar. So wird jeder Beobachter die Krone in seinem magnetischen Zenith sehn, weswegen die Höhe derselben nicht aus zwei an

---

1 Schweigger's Journ. a. a. O. S. 196.

2 Ebend. S. 197.

3 Ebend. S. 199. Diese Stelle ist mir ganz dunkel; auch kann ich nicht vereinigen, daß hier die Cylinder eng an einander liegend genannt werden, da sie oben als weit abstehend angenommen wurden. Ich muß jedoch bemerken, daß HANSTROM den Aufsatz im Edinburger Journal als Berichtigungen dieser Abhandlung bezeichnet, und ich setze daher aus ersterem das Folgende zu.

entfernten Orten gemachten Beobachtungen gemessen werden kann<sup>1</sup>.

Diese Darstellung scheint mir übrigens mit sich selbst im Widerspruche zu stehn. Wenn nämlich die magnetischen Strahlen in der Richtung der Neigungsnadel von der Erde aufsteigen, so müssen sie nach oben nothwendig divergiren, statt daß die Meridiane auf dem Globus convergiren. Der Convergenczpunkt der magnetischen Kräfte der Erde ist offenbar im magnetischen Pole selbst gegeben und hieraus begreiflich, daß dieser das Centrum des sich bildenden Lichtbogens abgiebt. Es muß aber das Hülfsmittel des magnetischen Zeniths nothwendig irre führen, weil dieses kein fester Punct, sondern eine ins Unendliche sich erstreckende Linie ist, und so müssen denn diese Linien unter verschiedenen Längen und Breiten nothwendig divergiren, eben weil die magnetischen Nadirs der Nordpole verschiedener Nadeln convergiren, und es ist also unmöglich, daß alle Beobachter die nämliche Krone im Zenith des Südpols ihrer Magnetnadel sehn könnten, wenn nicht an allen Orten eine besondere Krone vorhanden wäre, alle übrige gleichzeitig existirende als unsichtbar vorausgesetzt, was jedoch gegen eine Convergencz der magnetischen Strahlen streitet. HANSTEEN sagt übrigens weiter, daß die Nordlichtstrahlen sich oft in einen regelmäßigen Ring vereinigen, indem sie von einer kleinen Zone auf der Oberfläche der Erde ausgehn, deren Centrum irgendwo nördlich von der Hudsonsbai liegt; ein solcher kronenähnlicher Ring ist auch durch eine Figur von ihm dargestellt, allein sollte dieses die Krone seyn, so müßte sie nördlich im magnetischen Meridiane gesehn werden, könnte aber auf keine Weise überall südlich vom Zenith beobachtet werden, weil hiermit eben die Kleinheit der Nordlichtzone im Widerspruche steht.

Die Theorie, welche HANSTEEN über das eigentliche Wesen des Nordlichts aufstellt, sucht zuerst darzuthun<sup>2</sup>, daß die Erscheinung eine magnetische sey. Lebhaftes Nordlichter bringen nämlich die Magnetnadel zur Abweichung, ein Beweis, daß die Magnetkräfte der Erde dann in Unruhe sind. Kurz vor ihrer Erscheinung kann die Intensität des Erdmagnetismus sehr steigen, aber beim wirklichen Erscheinen nimmt sie bedeutend

1 Phil. Mag. II. 339.

2 Schweigger's Journ. N. R. XXVI. 200.

ab und diese Aenderung erfolgt oft in wenigen Minuten, aber die Rückkehr der frühern Stärke tritt zuweilen erst 24 Stunden nachher wieder ein; die Nordlichter müssen daher die Wirkung einer ungemein hohen magnetischen Kraft seyn, da der Erdmagnetismus dadurch geschwächt wird. Aeltere Beobachter berichten aus Drontheim und sonstigen nördlichen Gegenden, daß die Nordlichtbögen ehemals weniger hoch heraufgekommen seyen und sich mehr im eigentlichen Norden gezeigt hätten, was mit der Veränderung des magnetischen Nordpols<sup>1</sup> zusammentrifft. WILKE fand, daß der Ort, wo sich die Krone der Nordlichter bildet, sich zuweilen gleichzeitig mit der auf ihn gerichteten Südspitze der Neigungsnadel ändert, wonach also eine Aenderung in der Resultirenden des Erdmagnetismus eine Aenderung in der Richtung der Lichtsäulen erzeugt. Liegt also hierin ein genügender Beweis, das Nordlicht für magnetisch zu halten, so bietet der Elektromagnetismus ein Mittel der Erklärung dar<sup>2</sup>. Im Leitungsdrahte der volta'schen Kette neutralisiren sich nämlich die in entgegengesetzter Richtung strömenden Elektricitäten und ihre elektrische Kraft verschwindet, aber in diesem neutralen Zustande erscheinen sie vielleicht als elastisch flüssige elementare Magnete, die in einer auf die Axe des Leitungsdrahtes perpendicularen Ebene als einzelne Elemente mit den Nordpolen nach einer und den Südpolen nach der andern Seite, also den Indifferenzpunkt in der Mitte habend, liegen und mit einer Geschwindigkeit über die Oberfläche des Drahtes hinausgetrieben werden, welche der des Lichtes vielleicht gleich kommt. So lange die Elektricitäten den Draht durchströmen, müssen also diese Elementarmagnete in jedem Zeitmomente erzeugt werden, wie sich dieses durch fernere Erweiterung leicht noch mehr erläutern liesse. Hieraus läßt sich dann leicht erklären, warum die elektromagnetische Thätigkeit die elektrischen Leiter sowohl als auch die Nichtleiter freidurchdringt, denn die nicht neutralisirten elektrischen Molekülen erregen in jedem Körper augenblicklich den entgegengesetzten Zustand und sind daher an den Körper gebunden, aber die nicht neutralisirten haben eine vollkommen freie Passage. Hiernach ist also Magnetismus nichts anders als neutralisirte Elek-

---

1 Vergl. Bd. I. Tab. V.

2 Phil. Mag. and Ann. II. 840.

tricität, und es ist daher möglich, daß das Nordlicht aus solchen neutralisirten Paaren von Moleculen bestehe, welche hier, wie in der geschlossenen elektrischen Kette, den Gesetzen der magnetischen Anziehung und Abstossung folgen.

HANSTEN nennt diese Theorie eine bloße Hypothese, bei welcher noch viele Dunkelheiten zurückbleiben, wobei man jedoch nicht erwarten könne, daß ein so schwieriges Problem im ersten Versuche sogleich gelöst werden sollte. Weil aber die Sache so enge mit dem *Elektromagnetismus* zusammenhängt, so erscheint es um so nothwendiger, hier sogleich zu zeigen, daß die Hypothese mit den hierüber bekannten Thatsachen nicht vereinbar ist. HANSTEN sagt zwar mit Recht, daß wir bisher kein solches Fluidum im Magnete erkannt haben, durch dessen Vereinigung Lichterscheinungen erzeugt werden, als in den zwei entgegengesetzten Elektricitäten, und da die Lichterscheinungen beim Nordlichte zugleich auf den Magnet einwirken, so liegt es im Allgemeinen sehr nahe, dasselbe für eine elektromagnetische Erscheinung auszugeben, allein damit ist der eigentliche Proceß noch keineswegs erklärt. Außerdem aber zeigt sich in HANSTEN's Hypothese eine auffallende Lücke. Der elektrische Leitungsdraht ist nämlich allerdings ein Magnet, aber dann muß die Elektricität ihn frei durchströmen, ist also nicht leuchtend; wäre sie aber in dem Maße frei, daß sie ein so starkes Leuchten erzeugen könnte, so müßte sie nothwendig auch auf das Elektrometer wirken, wogegen aber HANSTEN ausdrücklich erinnert, daß FRANKLIN's Theorie unzulässig sey, weil das Nordlicht gar keinen Einfluß auf das Elektrometer äußere. Dieses Argument läßt sich zwar beseitigen, wie ich nachher zeigen will, aber die Ansicht von dem Wesen der elektromagnetischen Wirksamkeit ist zugleich unhaltbar, indem der Ursprung der neutralisirten, dadurch zum Magnetismus gewordenen und am den Leitungsdraht verbreiteten Elektricität durchaus nicht nachgewiesen ist und auf keine Weise aufgefunden werden kann. Beide Pole der volta'schen Kette sind nämlich bei vollkommener Isolirung gleich stark mit einem Ueberschusse entgegengesetzter Elektricitäten geladen, der Verbindungsdraht dient bloß dazu, beide Ueberschüsse dieser Pole einander zuzuführen, wobei sie sich im Drahte selbst wegen überwiegend starker Thätigkeit beider Pole gar nicht neutralisiren können, und somit ist nirgends ein Ueberschuß neutralisirter und

hierdurch in Magnetismus verwandelter Elektricitäten vorhanden. Wollte man einen solchen annehmen, so müßten die isolirt getrennten Elemente der volta'schen Kette einen Mangel des natürlichen elektrischen Sättigungs- oder Neutralitäts-Zustandes zeigen, welcher niemals wahrgenommen wird; kein besonnener Physiker aber kann, um dieser Schwierigkeit zu begegnen, einen so luftigen Hypothesenbau aufführen und sagen, die durch Neutralisation zum Magnetismus umgestalteten Elektricitäten kehren nach ihrer Thätigkeitsäußerung in ihren vorigen Zustand wieder zurück, um den Polen der volta'schen Kette zuzuströmen, denn das hiesse nur, die Elektricitäten seyen bald dieses, bald Magnetismen, je nachdem die Physiker dieses oder jenes wünschen. Aber abgesehen hiervon und in unmittelbarer Beziehung auf die Erklärung des Nordlichts muß man doch billig fragen, wo ist die Ursache der elektrischen Erregung, die den angenommenen Magnetismus erzeugt, und wenn diese nicht stattfinden soll, welche Ursache erregt den Magnetismus und warum erscheint dieser leuchtend? Es ergiebt sich hieraus also augenfällig, daß das Nordlicht selbst durch HANSTEEN gar nicht erklärt und seine Ursache gar nicht nachgewiesen ist.

Die Physiker begnügen sich seitdem im Allgemeinen mit der Erklärung, daß das Nordlicht eine magnetische Erscheinung sey, weil es einen unverkennbaren Einfluß auf die Magnetnadel ausübe, und obgleich nach den neuesten Beobachtungen seine elektrische Natur zweifelhaft gemacht worden ist, so entscheidet doch sein Leuchten und die innige Verbindung, worin die Elektricität und der Magnetismus mit einander stehn, sehr dafür, dasselbe für ein elektromagnetisches Phänomen zu halten, was dann im Ganzen auf die zuletzt vorgetragene Hypothese hinauskommt. Neben dieser sind noch einzelne mehr oder minder vollständige Versuche der Erklärung gemacht worden. HANSTEEN<sup>1</sup> z. B. findet eine Uebereinstimmung zwischen den magnetischen Isoklinen und den isothermischen Linien, so daß der Magnetismus der Erde auf ihre Temperatur einen Einfluß haben müßte, wonach also die Nordlichtzone durch die Temperatur wenigstens mit bedingt würde. RICHARDSON<sup>2</sup> meint, die Wolken hätten zuweilen eine polare Richtung, indem sie mit dem magneti-

1 Schweigger's Journ. N. R. XVI. 208.

2 Narrative of a Journey cet. p. 598.

schen Meridiane zwei rechte Winkel bildeten. Würden sie erhellt, so müßten sie, in einer horizontalen Ebene mit dem Auge des Beobachters liegend, einen Bogen zu bilden scheinen. Ihre Richtung sey vielleicht Folge des Magnetismus, ihr Leuchten der Elektrizität. Inzwischen legt er auf diese Hypothese wenig Werth und nennt das Ganze nur eine unausgebildete Idee (*crude opinions*). RAMAN<sup>1</sup> glaubt, die Erklärung des Nordlichts könne dadurch erleichtert werden, wenn man die von dem Nordlichtbogen aufsteigenden Strahlen dem Lichtbogen ähnlich betrachte, welchen H. DAVY zwischen beiden Polen seiner riesenmäßigen volta'schen Säulen erzeugte, wodurch dann die Magnetnadel abgelenkt wurde, eben wie dieses durch das Nordlicht geschieht. So leicht es übrigens ist, die verschiedenen Schwankungen der Magnetnadel beim Nordlichte zu erklären, wenn man die Lichtstrahlen desselben jenen leuchtenden elektrischen Strömungen gleich setzt, eben so schwierig dürfte es von der andern Seite seyn, die über alle Begriffe starken elektrischen Pole aufzufinden, die die so unermesslich langen leuchtenden Bögen, wie die Strahlen der Nordlichter sie zeigen, durch die weiten Strecken trockner Luft fortzuschleudern vermöchten, nicht gerechnet, daß damit die eigentlichen Nordlichtbögen und die übrigen Eigenthümlichkeiten des Meteors ganz unerklärt blieben.

Nach allen bisher mitgetheilten Erklärungsversuchen auf eine Enträthselung des sehr zusammengesetzten Phänomens sich nur einmal einzulassen scheint allerdings ein gewagtes Unternehmen, indessen kann ich mich dessen nicht enthalten, der ziemlich vollständigen Zusammenstellung des Thatsächlichen eine Hypothese zur Erklärung anzureihen. Die Mangelhaftigkeit der meisten frühern Erklärungen scheint mir hauptsächlich dadurch entstanden zu seyn, daß man aus dem bloßen Leuchten des Meteors unmittelbar auf Elektrizität schloß, ohne die regelmäßigen Formen und sonstigen Bedingungen gehörig zu berücksichtigen, und daß man nach dem entdeckten Einflusse desselben auf die Magnetnadel das ganze Phänomen ein magnetisches nannte, obgleich der stärkste Magnetismus nicht den geringsten Lichtschein erzeugt. Wenn ich aber alle die oben mitgetheilten Resultate zahlreicher und genauer Beobachtungen

1 Poggendorff Ann. XXII. 552.

zusammennehme, so scheint mir das Meteor im Ganzen ein thermoelektromagnetisches zu seyn und auf folgenden Hauptmomenten zu beruhn.

Es ist schon in frühern Zeiten mehrfach die Vermuthung ausgesprochen worden, daß die Erde elektrisch und hierdurch dann magnetisch sey, allein durch die von mir<sup>1</sup> bekannt gemachten Versuche mit der Drehwaage glaube ich unwiderleglich dargethan zu haben, daß die Erde nothwendig ein Thermoelektromagnet werden muß, weil die alle 24 Stunden um dieselbe laufende Sonne hinlängliche Wärme erzeugt, um die erforderliche Aufhebung des elektrischen Gleichgewichts hervorzurufen oder freie Elektricität zu erzeugen, da dieses namentlich beim Eise und Thone schon durch eine Temperaturerhöhung von 3° bis höchstens 5° C. unfehlbar geschieht<sup>2</sup>. Indem aber das Umlaufen der Sonne und somit die erzeugte Erwärmung von Osten nach Westen erfolgt und hierdurch positive Elektricität erzeugt wird, mithin ein positiv elektrischer Strom in dieser Richtung die Erde umkreist, muß den elektromagnetischen Gesetzen angemessen im astronomischen N. ein Südpol, im astronomischen S. ein Nordpol erzeugt werden, wie die Erfahrung zum Theil ergibt. Eigentlich könnte nämlich an jedem wirklichen Pole nur ein einziger magnetischer zum Vorschein kommen, daß deren aber, mindestens im Norden, zwei vorhanden sind, rührt ohne Zweifel von dem Verhältnisse zwischen Land und Meer her, indem zwar nicht durch Versuche erwiesen, aus vielen triftigen Gründen aber höchst wahrscheinlich ist, daß sich im Wasser keine Thermoelektricität erzeugt. Die Ursachen also, welche die Erde zu einem Thermoelektromagnete machen, sind hiernach über die ganze Erde stattfindend, an den einzelnen Strecken ihrer Oberfläche mehr oder minder wirksam, nehmen der Temperaturdifferenz proportional

---

1 Poggendorff Ann. XX. 417.

2 Ein Einwurf gegen die Beweiskraft der leicht anzustellenden Versuche schien auf der Möglichkeit zu beruhn, daß die Drehungen vielleicht durch Luftströmungen erzeugt würden; allein Capt. KARR, dem ich die Erscheinung zeigte, erklärte dieses Argument für durchaus unstatthaft, weil sonst das andere, mit Blattgold oder Stanniol versehene Ende des Waagebalkens auf gleiche Weise angezogen werden müßte, als das mit dem Holundermarkkugeln, welches jedoch nie der Fall ist.



vom Aequator nach den Polen zu, bestehn im Ganzen aus einem innerhalb 24 Stunden um die ganze Erde laufenden elektrischen Stromes, welcher durch gewisse bis jetzt zwar noch nicht nachgewiesene, ohne Zweifel aber aufzufindende Bedingungen auf eine solche Weise modificirt ist, daß er die beiden gleichnamigen magnetischen Pole in der Nähe des astronomischen Erdpoles erzeugt. Könnte nun weiter erwiesen werden, daß die Nordlichter eine mit dieser nämlichen Elektricitäts-Erregung zusammenhängende Erscheinung seyen, so würde hieraus nicht bloß ihr Einfluß auf die Magnetnadel von selbst folgen, sondern auch die Ursache deutlich werden, warum sie nach dem oben (unter b) erwiesenen Satze die beiden magnetischen Pole umlagern.

Die thermoelektrische Erregung findet über der ganzen Erdoberfläche statt, und man darf wohl sagen, daß sie der Erfahrung nach durch die großen Wasserstrecken unterbrochen oder mindestens sehr geschwächt wird, sie muß daher auf der südlichen Erdhälfte am geringsten seyn, indem sie hauptsächlich nur durch die weit auslaufende Südspitze von America, die Massen des südlichen Polareises und die den Südpol umgebenden Inseln oder vielleicht dort vorhandenen Continente bedingt wird. In wie weit hiervon die Entstehung der beiden magnetischen Pole der südlichen Halbkugel abhängt, welche übrigens mit denen der entgegengesetzten Halbkugel in ursächlichem Zusammenhange stehn, ob von den beiden, der letztern zugehörigen Polen der eine so tief herabrückt, weil die Nordküste America's von einem zusammenhängenden, zum Theil wahrscheinlich stets offenen Meere begrenzt und dadurch gleichsam vom astronomischen Pole getrennt ist, ob nördlich von diesem Meere ein etwas ausgedehnteres, die Entstehung des zweiten Poles bedingendes Continent liegt, alles dieses sind Fragen von großer Wichtigkeit, deren Beantwortung aber nicht unmittelbar hierher gehört; inzwischen folgt aus den angegebenen Thatsachen schon so viel, daß die Zahl der Nordlichter größer seyn muß, als die der Südlichter, und daß die letzteren sich vorzugsweise häufig über der Südspitze des americanischen Continents zeigen müssen, was abermals mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt. Wollte man aus der allgemein über die ganze Erde verbreiteten elektrischen Erregung folgern, daß hiernach die Nordlichter in allen Gegenden gleich zahlreich erscheinen müß-

ten, so läßt sich dieser Einwurf leicht widerlegen. An allen solchen Orten nämlich, wo die Herstellung des elektrischen Gleichgewichts durch Gewitter stattfindet, und zu denjenigen Zeiten, wenn Letzteres geschieht, ist die Entstehung des Nordlichts unmöglich, ein Satz, welcher durch den nahen Zusammenhang dieser beiden meteorischen Phänomene noch außerdem eine bedeutende Stütze erhält, und die Nordlichter sind nur in denjenigen Gegenden einheimisch, wo keine Gewitter zu Stande kommen oder sie sich, falls dieses ausnahmsweise einmal geschehn ist, durch bloße Blitze ohne Donner entladen, folglich gleichsam einen Uebergang zu den Nordlichtern bilden<sup>1</sup>.

Wenn ich den eigentlichen Proceß der Nordlichtbildung kurz zusammenfasse, so ist er in seinen Hauptmomenten folgender. Die Oberfläche der Erde wird durch den täglichen Temperaturwechsel elektrisch erregt. An denjenigen Orten, wo die elektrische Neutralisation durch den Wechsel von Verdampfung und Niederschlag nicht in unbestimmten, meistens nur kurzen, Zeitintervallen aufgehoben und wieder hergestellt wird, behält die Erdkruste diesen elektrischen, den Magnetismus der Erde erzeugenden Zustand eben so eine Zeitlang bei, als dieses bei jedem von trockner Luft umgebenen Körper der Fall ist, und die hiernach täglich wiederkehrende Erregung und die Rückkehr zum Gleichgewichte, wie sie durch den regelmäßigen Wechsel der Erwärmung bedingt wird, ist Ursache der täglichen Variationen der Magnetnadel. Die auf der Erdoberfläche erregte Thermelektricität ist allerdings nicht stark, sie könnte sogar so schwach seyn, daß ihre Repulsivkraft das Blattgoldelektrometer zu bewegen nicht vermöchte, und dennoch würde, andern zahllosen Erfahrungen gemäß, hieraus kein Einwurf gegen die Be-

---

1 Ich fürchte zu weitläufig zu werden, wenn ich mich auf alle Einzelheiten einlassen wollte. So könnte man unter andern sagen, die elektrische Erregung der Erdoberfläche müsse aufhören, wenn die Temperatur zu niedrig wird, und sie müsse dem Wechsel zwischen Wärme und Kälte proportional seyn. Beide Ursachen würden gemeinschaftlich dazu wirken, den magnetischen Pol über den Nordküsten America's tiefer herabzurücken, die Nordlichter könnten hiernach nicht weit nördlich über die magnetischen Pole hinaus sich erstrecken, wie die Erfahrung ergiebt, und selbst der von HANSTEDT beobachtete Zusammenhang zwischen den magnetischen Isoklinen und den isothermischen Linien fände hierin eine natürliche Erklärung.

hauptung hervorgehn, daß sie die Erde zu einem großen Magnete macht. Betrachtet man ferner die Erde als einen elektrisch erregten Körper, wobei in Gemäßheit der durch COULOMB und POISSON aufgefundenen Bestimmungen die Elektricität auf diesem großen Körper auf gleiche Weise und aus gleichen Gründen als bei jedem geladenen Leiter sich nur auf der Oberfläche aufgehäuft befinden kann<sup>1</sup>, so muß sich ein elektrischer Wirkungskreis bilden. Dieser kann jedoch nicht diejenige Gestalt haben, welche bei kleinern Conductoren der Form dieser letztern correspondirt, ein Umstand, welcher aus der unverhältnißmäßigen Größe des Erdkörpers und aus den auf demselben stattfindenden ungleichen Erregungen, mitunter auch Unterbrechungen der elektrischen Erregung, leicht erklärbar wird, vielmehr können wir bloß aus seiner Wirkung, wie sich dieselbe in der Erzeugung der beiden magnetischen Pole zeigt, auf diese Form schließen. Nehmen wir dieses als genugsam beweisendes Argument an, so muß zwar diese Atmosphäre überall die Erdoberfläche berühren, jedoch so, als würde sie durch die Windungen eines die Elektricität leitenden und um einen Körper gewundenen Drahtes erzeugt, dessen Axe auf die Richtung der Inklinationsnadel perpendicular wäre, weil ein solcher den magnetischen Pol an derjenigen Stelle erregen würde, wo wir denselben auf der Erde wahrnehmen<sup>2</sup>. Wenn dann dieser elektrische Wirkungskreis eine Vertheilung der Elektricität in der umgebenden Atmosphäre bewirkt, so kann dieses zwar unordentlich nach allen Seiten hin geschehn, im Allgemeinen aber wird man leicht begreifen, daß es in Richtungen geschehn muß, welche der Neigungsnadel parallel laufen, worin dann der Erklärungsgrund liegt, daß die Nordlichtstrahlen zwar nicht ganz scharf und ohne Ausnahme, allerdings aber der Regel nach gleichfalls diese Richtung annehmen. Eine feuchte Atmosphäre muß diese regelmäßig gerichteten, bis zu ungleichen Höhen sich erhebenden elektrischen Vertheilungen stören und aufheben, überwiegende Trockenheit der Luft wird sie dagegen be-

1 Es würde überflüssig seyn, für diesen Satz ausführliche Beweise vorzubringen, da er aus dem, was bereits hierüber in den Artikeln *Elektricität* und *Elektrometer* mitgetheilt worden ist, nothwendig folgt.

2 Es versteht sich von selbst, daß diese Schlüsse für jeden einzelnen Pol besonders gelten.

fördern. Wenn aber in Gemäfsheit der zahlreichen, oben (unter f) beigebrachten Zeugnisse, wozu noch die Bemerkung v. WANGEL's kommt, daß die Nordlichter durch die Verdunstung offener Stellen des Meeres in den Polargegenden befördert werden, sehr feiner Dunst in der Atmosphäre aufsteigt, gesetzt auch derselbe sey so ausnehmend dünn, daß er die Luft kaum oder auf jeden Fall nicht merklich trübt, so muß die elektrische Vertheilung sich auch auf diesen erstrecken und ihn selbst elektrisch machen, und hierin liegt die Ursache, warum eine dunstige Atmosphäre und höchst feines Gewölk unzweifelhaften Erfahrungen gemäß die Bildung der Nordlichter begünstigen, welches sich bis zu einem Grade erstreckt, vermöge dessen sie zuletzt in wirkliche Gewitter übergehn, wofür gleichfalls einzelne beweisende Beispiele vorhanden sind. Hieraus entstehen dann zugleich die einzelnen sich erhebenden, mitunter selbst vom Winde bewegten Lichtwolken, die kaum bei irgend einem größern Nordlichte fehlen; auch wird nach meiner Ansicht kein aufmerksamer Beobachter in Abrede stellen, daß die vielen, überall am Himmel verbreiteten, in rüthlicher Farbe sich zeigenden, erleuchtenden Massen nichts anders als höchst feine, von den eigentlichen elektrisch leuchtenden Nordlichtstrahlen nach Art der Abendröthe erhellte Wölkchen sind.

Hiermit sind schon die meisten Einzelheiten des Nordlichtphänomens den darüber oben mitgetheilten Erfahrungen gemäß genügend und ungezwungen erklärt, aber es hält nicht schwer, hieran eine Enträthselung der anderweitigen Bedingungen und Nebenumstände zu knüpfen, ohne daß es gerade nothwendig ist, hierüber vollständig zu seyn. Da die elektrische Erregung über die ganze Erde, mindestens bis nahe an die magnetischen Pole, in den meisten Fällen nicht völlig bis zu denselben, nur in sehr seltenen aber bis darüber hinaus stattfindet, so können die Nordlichter auch innerhalb dieser Grenzen erzeugt werden, nur nicht da, wo die Feuchtigkeit der Atmosphäre als Hinderniß auftritt, die kleinern und niedrigeren müssen bloß da häufig zum Vorschein kommen, wo die Bedingungen hierzu günstig sind, die größern, eben daher höhern und zugleich seltnern werden sich weiter nach Süden erstrecken, sie können größere und geringere Breiten haben und auf gleiche Weise innerhalb weniger Längengrade beschränkt seyn oder sogar auch die ganze, um beide magnetische Pole laufende

Nordlichtzone zu gleicher Zeit umfassen. Ferner können sie der Erde näher oder weiter von ihr entfernt seyn, je nachdem die elektrisch gewordenen Dunstpartikelchen sich mehr oder weniger erheben, sie müssen unter niedern Breiten wegen der durch Kälte bedingten Trockenheit der Luft in der Regel höher seyn, auf jeden Fall aber können sie die Erde nicht unmittelbar berühren, weil sonst eine Herstellung der elektrischen Neutralisation erfolgen und somit die Bedingung ihres Entstehens aufgehoben seyn würde.

Mich dünkt, es sey nach dieser Darstellung von selbst klar, daß ungeachtet der bis zum Leuchten aufgehäuften Menge von Elektrizität dennoch ein Blattgoldelektrometer keine Abstoßung der Blätter zeigen könne, selbst wenn es mit einer langen isolirten Kette oder Stange in Verbindung steht, weil ja eben die isolirende Eigenschaft der Luft nothwendige Bedingung des entstehenden Nordlichts ist und bei einer längern Zuleitung diese offenbar bis in die leuchtenden Massen reichen müßte, um die hierin stattfindende Anhäufung von Elektrizität anzuzeigen. Es konnte somit bloß die durch HOAN gewählte Vorrichtung im Verlauf einiger längern Zeit Spuren des aufgehobenen elektrischen Gleichgewichts zeigen, jedoch gleichfalls nur in jenen Gegenden, wo die Nordlichter ganz eigentlich einheimisch und daher auch niedriger sind. Dagegen aber muß die Magnetnadel jederzeit durch das Nordlicht afficirt werden, es sey denn, daß sie sich jenseit der Zonen der thermelektromagnetischen Erregung der Erde, d. h. jenseit der magnetischen Pole, befindet. Dieser Satz, welcher allerdings zunächst aus PARRY's Beobachtungen abstrahirt ist, findet jedoch zugleich eine Bestätigung durch die theoretische Betrachtung, daß der magnetische Pol der Erde, eben wie die elektromagnetischen Pole unserer künstlichen Apparate, nicht füglich anders liegen kann, als an der äußersten Grenze der elektrischen Erregung, folglich kann eine Veränderung der letztern nicht füglich ihren Einfluß über die angegebene Grenze hinaus äußern.

Die Erklärung des Einflusses, welchen das Nordlicht auf die Magnetnadel ausübt, mag wohl einer der wichtigsten Theile der ganzen Theorie zu seyn scheinen, aber sicher ist er keiner der schwierigsten, wobei jedoch zu berücksichtigen bleibt, daß die Erfahrung über diesen Punct bisher noch nicht definitiv entschieden hat und künftige Beobachtungen daher die Richtigkeit

der Hypothese controliren müssen. Wäre die Erregung der Thermelektricität auf der ganzen Oberfläche der Erde gleich, letztere daher ein Thermelektromagnet, dessen Pole sonach mit den astronomischen zusammenfielen, so würde es nirgends eine Abweichung der Magnetnadel geben und die magnetischen Meridiane mit den astronomischen identisch seyn. Die auf der nördlichen Halbkugel stattfindenden Abweichungen entstehen aber durch den Einfluß der Anziehung, welchen jeder der beiden vorhandenen Pole auf die Nordspitze der Magnetnadel ausübt, und dieser bleibt sich gleich, so lange sich die thermelektrische Erregung nicht ändert. Sobald aber die der ganzen Theorie als Grundlage dienende elektrische Spannung durch einen Uebergang der Elektricität von der Erdoberfläche zur Atmosphäre stattfindet, muß eine Schwächung des tellurischen Thermelektromagnetismus eintreten und dadurch nicht bloß die Stärke der magnetischen Anziehung überhaupt, sondern auch die Anziehung des concernirenden Poles insbesondere abnehmen. Erhebt sich also das Nordlicht für unsere Meridiane am westlichen magnetischen Pole, so wird die Nordspitze der Magnetnadel östlich gelenkt- oder scheinbar durch das Nordlicht abgestoßen, und so umgekehrt, beide vereinte Verminderungen gleichen sich aber zu 0 aus. Im Allgemeinen scheint es mir überflüssig, die vielen hierbei möglichen Schwankungen und deren Modificationen einzeln aufzuzählen, und es wird genügen, daß in Uebereinstimmung mit ARAGO's zahlreichen Beobachtungen für gleiche Breitengrade, insbesondere wenn die Orte den magnetischen Polen nicht zu nahe liegen, nicht sowohl die Nähe des Nordlichts, als vielmehr dessen Stärke und die durch dasselbe bewirkte Aufhebung des tellurischen Magnetismus die Größe der Schwankungen bedingt. Alles dieses gilt jedoch zunächst nur von der Abweichungsnadel, deren Richtung und Stärke entschieden durch die ganze Summe der vom Aequator bis nach den Polen hin wirksamen thermelektromagnetischen Erregungen bedingt wird. Wenn dagegen die Neigungsnadel gleichzeitig mehr durch die örtlichen thermelektromagnetischen Erregungen afficirt wird, so könnte deren Stärke vermehrt werden, wenn die weiter nach Norden liegenden magnetischen Kräfte der Erde eine Schwächung erleiden. So viel ich weiß, stehen auch hierbei Erfahrung und Theorie im Einklange. Eben so folgt, daß in der Nordlichtzone selbst die Abweichung der Deklinationssna-

del am wenigsten regelmässig seyn muß, weil dort die bedingenden Ursachen so nahe liegen, daß sie auf zwei nicht sehr entfernte Nadeln ungleich wirken können.

Endlich wird es genügen, über die optischen Erscheinungen beim Nordlichte nur noch einige wenige Bemerkungen hinzuzufügen. Wenn wir nach der oben bereits angeführten Voraussetzung annehmen, daß die leuchtenden elektrischen Strahlen der magnetischen Neigungsnadel parallel aufsteigen, so folgt keineswegs zugleich, daß dieses überall ganz genau stattfindet und daß dieselben den ganzen Raum von den magnetischen Polen bis zu bedeutend niedern Breiten ausfüllen, sondern sie können nur kleinere Theile dieser Zone oder größere mit Unterbrechungen einnehmen. Im Allgemeinen müssen dann ferner diese eigentlich leuchtenden Strahlen von den, meistens rothen, bloß erleuchteten kleinen Wolken unterschieden werden, die füglich bei der Erklärung ganz unbeachtet bleiben können. In der Regel werden die auf die genannte Weise erzeugten Strahlen aufwärts steigen und die Elektrizität derselben wird das Bestreben zeigen, an wärmere und zugleich feuchtere Schichten überzugehen, wenn diese nicht selbst durch den Einfluß der Erdoberfläche elektrisch werden, woraus die meistens stattfindende südlich gerichtete Bewegung der Nordlichter und ihre größere Höhe unter niedrigern als unter höhern Breiten von selbst folgt. Es kann ferner das Elektrischwerden (die elektrische Erregung) der Luftschichten oder der in ihnen vorhandenen dunstförmigen Substanzen über willkürlich lange und breite Zonen nicht momentan stattfinden, sondern muß nach und nach, wenn gleich in nicht langer Frist, erfolgen und eben so auch wieder aufhören, weswegen denn Anfang und Ende der nämlichen Nordlichter an verschiedenen Orten in ungleiche Zeiten fällt, wie namentlich noch bei dem Nordlichte am 7. Jan. 1831 der Fall war. Es verdient kaum erwähnt zu werden, daß hiernach, so oft einzelne Nordlichtsäulen gesehn werden, diese sich nothwendig nach optischen Gesetzen zu Bögen gestalten müssen, sobald sie, wie die Wolken, die ganze Strecke des Himmels von einer Seite des Horizonts bis zur andern einnehmen; auch wird ihre Form sich der elliptischen so viel mehr nähern, je geringer ihre Höhe über der Erde ist. Es scheint mir indess überflüssig, die optischen Erscheinungen des Meteors ausführlicher zu erläutern, da sie aus der angenommenen Voraussetzung ohne Schwierig-

keit folgen und ihre Erklärung auch bereits durch HANSTEEN gegeben worden ist, wenn man statt der von ihm angenommenen leuchtenden magnetischen Cylinder die aufsteigenden elektrischen Strahlen substituirt. Nur eins scheint mir nöthig hinzuzusetzen, nämlich daß zwar der Hypothese nach das Aufsteigen der elektrischen Strahlen der Regel nach in der Richtung der Neigungsnadel erfolgen muß, woraus dann die Verhältnisse der Lage und Richtung der einzelnen Theile des Nordlichts zur Magnetenadel von selbst folgen, daß aber ein allezeit stattfindendes und absolut genaues Zusammentreffen beider ganz unzulässig seyn muß, weil keine feste und regelmäsig geordnete Masse vorhanden ist, welche dieses Meteor erzeugt, sondern eine bewegliche, die daher, mit der Erfahrung übereinstimmend, nur im Allgemeinen die vorhandene Regelmäßigkeit zeigen kann. Endlich aber darf ich noch die Bemerkung hinzufügen, daß nach meiner Ansicht gar kein Bedenken stattfinden kann, das Licht dieser Meteore für elektrisches zu halten. Hierüber bin ich so wenig zweifelhaft, daß ich mich dreist auf das Urtheil aller Physiker berufe, welche das eigenthümlich weiße, in gewisser Hinsicht blendende, zugleich aber verhältnißmäßig nicht so stark leuchtende, elektrische Licht aus eigener Anschauung kennen und mit dem der Nordlichter zu vergleichen Gelegenheit hatten. Ich darf hierbei ferner geltend machen, daß mehrere Beobachter nordlichtartige Säulen und selbst Bögen bei Gewittern wahrnahmen, ich selbst aber habe im November 1824 eine dem Nordlichte vollkommen gleiche Lichtsäule am östlichen Theile des Himmels gesehn, wo sie mindestens 30 Minuten unverrückt stand und gewiß für dieses Meteor gehalten worden wäre, wenn nicht die genau östliche Richtung dieses zweifelhaft gemacht hätte, worauf sich dann am folgenden Tage ergab, daß es nichts weiter als ein nahe 8 Meilen entferntes starkes Gewitter gewesen war. Ueberhaupt würde die Erklärung der Nordlichter ungleich weniger schwierig gewesen seyn, wenn man allezeit die genauen, die vielen Einzelheiten nicht übersehenden Beschreibungen derselben mehr beachtet hätte, als diejenigen, welche hauptsächlich das Prachtvolle und Auffallende dieser Meteore hervorheben sollten.

M.



## N u t a t i o n .

Wanken der Erd-Axe; *Nutatio*; *Nutation*; *Nutation*.

In dem Artikel *Vorrücken der Nachtgleichen* werden die Gründe angegeben, warum die Axe der sphäroidischen Erde bei dem Umlaufe um die Sonne ihre Lage nicht ganz unverändert so behält, daß sie immer gegen denselben Punct des Himmels gerichtet bleibt. Die Anziehung der Sonne und des Mondes nämlich gegen die Erde bringt, weil letztere von der Kugelform abweicht, eine Aenderung jener Richtung hervor, vermöge welcher der Pol des Himmels in einem sehr langen Zeitraume einen Kreis um den Pol der Ekliptik durchläuft. Blicke nun der Pol des Himmels allezeit genau auf diesem Kreise und ginge er gleichmäßig in diesem fort, das heißt, wäre die Aenderung der Lage der Erd-Axe gleichförmig, so würden wir dieser keine Nutation beilegen. Aber die Beobachtung zeigt, daß der Pol des Himmels sich bald auf dieser, bald auf jener Seite von dem Kreise, jedoch nach bestimmten Gesetzen, entfernt und daß damit auch eine Aenderung in dem Fortrücken auf dem Kreise verbunden ist, und diese Aenderungen sind es, die wir *Nutation*, *Wanken der Erd-Axe*, nennen.

Da die genauere theoretische Betrachtung der Nutation so mit der Präcession der Nachtgleichen zusammenhängt, daß beide am besten vereint abgehandelt werden, so verweise ich in dieser Hinsicht auf den Art. *Vorrücken der Nachtgleichen* und gebe hier nur folgende oberflächliche Darstellung. Den größten Theil der Nutation bringt der Mond hervor, weil seine Bahn gegen die Ekliptik geneigt ist und die Knoten der Mondbahn zurückgehend auf der Ekliptik fortrücken. Sie vollenden einen Umlauf in 18½ Jahren und dieses ist daher auch die Periode der Nutation. Was zuerst die Einwirkung der Sonne betrifft, so ändert diese die Lage der Erd-Axe so, daß sie fast genau immer gleich geneigt gegen die Ekliptik bleibt, und deshalb ist der Pol der Ekliptik auch der Pol des Kreises von 23½ Gr. Halbmesser, den wir den Pol des Himmels durchlaufen sehn; und da die Ebene der Mondbahn bei allen ihren Aenderungen in jedem Puncte der Ekliptik sich ebenso oft nördlich als südlich von ihr befindet, da die Ekliptik in der Mitte zwischen allen Lagen der Mondbahn liegt, so kommt, sofern wir auf lange Zeiten

sehn, auch die Wirkung des Mondes darauf zurück, den Pol des Himmels auf eben dem Kreise fortzuführen. Aber die jedesmalige Lage der Mondbahn bringt periodische Aenderungen hierin hervor. Wenn der aufsteigende Knoten der Mondbahn sich im Frühlingsnachtgleichenpuncte befindet, so hat der Aequator der Erde eine Neigung von  $28\frac{1}{4}$  Gr. gegen die Mondbahn, und wenn diese Lage dauernd wäre, zugleich aber die Wirkung der Sonne ganz fehlte, so würde der Himmelspol sich in einem Kreise von diesem Halbmesser um den Pol der Mondbahn bewegen, und ebenso würde dieser Kreis nur den Halbmesser von  $18\frac{1}{4}$  Gr. haben, wenn die Neigung des Aequators gegen die Mondbahn, zu der Zeit, da der aufsteigende Knoten in der Waage liegt, bis auf  $18\frac{1}{4}$  Gr. vermindert ist. Statt dieser großen Verschiedenheiten bringt die Anziehung des Mondes, weil die Lage seiner Bahn sich unaufhörlich ändert, nur eine sehr geringe Abweichung von dem hervor, was stattfinden würde, wenn der Mond sich in der Ekliptik selbst bewegte. Zur Zeit der größten Neigung des Aequators gegen die Mondbahn ist nämlich die Axe der Erde um 9 Sec. weiter vom Pole der Ekliptik entfernt oder die Schiefe der Ekliptik um so viel vergrößert, um die Zeit der geringsten Neigung, oder wenn der aufsteigende Knoten der Mondbahn in der Waage liegt, ist die Schiefe der Ekliptik um ebenso viel vermindert. Die ganze Nutation nämlich, sofern sie von diesem Umstande abhängt, läßt sich so ansehen; als ob der Himmelspol nicht in einem Kreise um den Pol der Ekliptik fortginge, sondern als ob jener in 18 $\frac{1}{2}$  Jahren einen kleinen Kreis von 18 Sec. Durchmesser beschreibe, dessen Mittelpunct unterdeß, so wie es dem Vorrücken der Nachtgleichen gemäß ist, auf dem von dem Pole der Ekliptik beschriebenen Kreise von  $23\frac{1}{4}$  Grad Halbmesser fortrückte. Diese Nutation bewirkt, daß der Frühlingspunct um eine Größe, die dem Sinus der Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn proportional ist, vorrückt und deshalb die Länge der Sterne bald etwas zunimmt, bald abnimmt, und daß die Schiefe der Ekliptik um eine Größe, die dem Cosinus der Länge des Mondknotens proportional ist, zunimmt.

Neben diesem wichtigsten Theile der Nutation kommt noch ein geringerer hinzu, weil, auch wenn die Sonne allein wirkte, das Vorrücken der Nachtgleichen nicht das ganze Jahr durch gleichförmig seyn würde, sondern ein Glied enthält, welches

dem Sinus der doppelten Länge der Sonne proportional ist; und damit ist eine geringe Aenderung der Schiefe der Ekliptik, dem Cosinus der doppelten Länge der Sonne proportional und im Maximum  $\frac{1}{4}$  Sec. betragend, verbunden. Eine ähnliche Einwirkung, aber noch geringer, hat die Länge des Mondes.

Die Größe der Nutation ist in den Hessel'schen Tafeln in der vierten und fünften Tafel genau angegeben<sup>1</sup>.

Obgleich BRADLEY der eigentliche Entdecker der Nutation ist, so bemerkt doch GEHLER, daß schon FLAMSTEAD<sup>2</sup> nach den Grundsätzen der Newton'schen Attractionstheorie eine solche Aenderung in der Lage der Erd-Axe vermuthete und daß auch OLAUS RÖMER schon eine Veränderung in den Deklinationen der Sterne bemerkte, die ihm auf eine *vacillatio poli terrestris* zu deuten schien<sup>3</sup>. Die ersten vollständigen Beobachtungen, welche die Nutation bewiesen, stellte jedoch BRADLEY an. Bei seinen Beobachtungen über die Aberration des Lichtes fand er schon im ersten Jahre<sup>4</sup>, daß die Deklination der Sterne in der Nähe des Colur der Nachtgleichen sich stärker änderte, als der bekannten Präcession angemessen war, wogegen die bei dem Colur der Sonnenwenden stehenden Sterne ihre Deklination zu wenig änderten. Bei fortgesetzten Beobachtungen von 1727 bis 1732 zeigte sich, daß Sterne um den Colur der Sonnenwenden ihre Deklination um 9 bis 10 Sec. weniger geändert hatten, als die Präcession von 50" forderte, und daß die zu große Aenderung bei den Sternen um den Colur der Nachtgleichen ziemlich ebenso viel betrug; der Nordpol des Aequators schien sich den Sternen genähert zu haben, die um die Frühlingsnachtgleiche und die Winter-Sonnenwende mit der Sonne zum Meridian kommen, und schien von den Sternen zurückgewichen zu seyn, die um das Herbst-Aequinoctium und Sommer-Solstitium mit der Sonne zum Meridian kommen. BRADLEY ward schon damals durch die Lage des aufsteigenden Mondknotens auf den Gedanken gebracht, daß die Wirkung des Mondes auf die von der Kugelgestalt abweichende Gestalt der

1 Tabulae Regiomontanae reductionum observationum astronomicarum ab anno 1750 ad annum 1850 computatae, auct. F. W. Bessel.

2 Historia coel. Brit. III. p. 118.

3 HORREBOW basis astronomiae. Havniae 1735. p. 66.

4 Philos. Transact. for 1748. p. 9. 13. 15.

Erde dieses bewirken könnte. Im Jahre 1727 lag der aufsteigende Mondknoten im Widder und die Neigung der Mondbahn gegen den Aequator war also am größten; ein vergrößertes, das mittlere übertreffendes Vorrücken der Nachtgleichen erklärte zwar einige der Erscheinungen, aber um auch die übrigen zu erklären, war es nöthig, eine kleine Aenderung in der Lage der Axe der Erde, eine Nutation, anzunehmen. Im Jahre 1732, wo der Mondknoten bis zum Steinbock zurückgegangen war, änderten die Sterne um den Colur der Nachtgleichen ihre Abweichung nicht mehr stärker, als es dem mittlern Vorrücken der Nachtgleichen angemessen war; in den folgenden Jahren bis 1736 wurde diese Aenderung kleiner, als dem mittlern Vorrücken der Nachtgleichen entsprach, und um das Jahr 1736 hatten Sterne um den Colur der Sonnenwenden ihre Declination in 9 Jahren um 18 Sec. weniger geändert, als die mittlere Vorrückung der Nachtgleichen forderte. BRADLEY entschloß sich nun, die Beobachtungen vollends durch die ganze Periode eines Umlaufs der Mondknoten bis 1747 fortzusetzen, und hatte am Schlusse dieser Zeit das Vergnügen zu sehen, daß die Sterne ihre Position wieder erlangt hatten, so als ob gar keine Aenderung in der Lage der Erd-Axe statt gefunden hätte, wodurch also seine Meinung über die Ursache der Erscheinungen bestätigt ward.

MACHIN, dem BRADLEY seine Beobachtungen mittheilte, berechnete eine Tafel über die verschiedene jährliche Präcession und Nutation nach der Voraussetzung, daß die mittlere Präcession 50" betrage und allein durch den Pol der Mondbahn regiert werde; er vermuthete deshalb, daß seine Angaben zu groß seyn würden, und so fanden sie sich auch wirklich, obgleich die beobachteten Aenderungen das Gesetz wie die berechneten Aenderungen befolgten. BRADLEY zeigt, wie die Beobachtungen mit der Voraussetzung übereinstimmen, daß der Nordpol einen kleinen Kreis durchlaufe, dessen Mittelpunkt, so wie es die mittlere Präcession fordert, fortrückt.

Spätere Beobachtungen haben diese Folgerungen bestätigt und in Hinsicht auf die Größe der Nutation genauer bestimmt.

B.

## O.

## O e n o m e t e r

ist zunächst ein chemischer Apparat, weswegen hier eine allgemeine Andeutung desselben genügt. Das schwerlich bis jetzt schon mehrfach in Gebrauch gekommene Instrument ist von E. TABARIÉ erfunden worden und soll dazu dienen, den Alkoholgehalt des Weines zu bestimmen, wie auch der Name desselben (von *οἶνος* der Wein und *μέτρον* das Maß) ungefähr andeutet. Es besteht aus einem kleinen Destillir-Apparate, aus welchem vermittelst einer Weingeistlampe der Alkohol des Weins verflüchtigt wird; den dadurch entstandenen Verlust ersetzt man durch Wasser und prüft das specifische Gewicht vor und nach dieser Operation vermittelst eines feinen Araeometers<sup>1</sup>. M.

## O l i g o c h r o n o m e t e r

ist ein von DEL NEGRO<sup>2</sup> angegebenes Instrument, um kleine Theile der Zeit zu messen. Es gehört hiernach zur Zahl anderer für diesen Zweck erfundener Apparate, welche am zweckmäßigsten gemeinschaftlich beschrieben werden<sup>3</sup>. M.

## O p s i o m e t e r

ist ein von C. J. LEHOT<sup>4</sup> erfundenes Instrument, welches dazu dienen soll, die Grenzen des deutlichen Sehens bei verschiedenen Augen zu bestimmen, wie dieses der Name desselben andeutet (von *ὄψις* das Sehen, Gesicht und *μέτρον* das Maß). Es besteht aus einer geschwärzten Stange von 8 Decimeter Länge und 5 Centimeter Breite, über welcher parallel mit ihrer Axe ein weißer Seidenfaden ausgespannt ist. Neben dieser Regel in einem Abstände von 3 Millimetern befindet sich eine hölzerne Stange mit vier Schiebern, welche bestimmt sind, die Abstände vom Anfangspuncte der auf der Hauptstange aufgetragenen Scale zu

1 Ann. de Chim. et Phys. XLV. 222.

2 Annali delle Scienze del Regno Lombardo - Veneto. Padova 1831.

3 Vergl. Art. *Pendel*.

4 Annales des Sciences d'observation cet. par MM. SAIGRY et RASPAIL. T. II. Par. 1829.

messen. Der eine von den Sockeln nämlich, worauf die beiden genannten Stangen ruhn, trägt einen Ring von 15 Millimetern Durchmesser, dessen Ebene auf der Axe der Hauptstange lothrecht ist und dessen 35 Millim. hohes Centrum dem gespannten Seidenfaden correspondirt. In einem 2 Centimeter betragenden Abstände von diesem Ringe befindet sich eine dünne Platte, ungefähr 20 Centimeter lang, mit einem runden Loche von 20 Millimetern Durchmesser, dessen Centrum mit dem des Ringes correspondirt. Sieht dann das zu prüfende Auge durch diesen Ring und das Loch, wenn man es dem erstern nähert, gegen den weißen Faden, so scheint derselbe in zu großer Nähe doppelt zu seyn, indem die erscheinenden doppelten Fäden einen Winkel bilden, dessen Spitze in der kleinsten Entfernung des genauen Sehens liegt; von hier an ist er einfach, bis in größerer Entfernung abermals die Spitze eines solchen Winkels gebildet wird, welche die größte Entfernung des deutlichen Sehens giebt. Beide Abstände werden vermittelst der Schieber, welche auf der hölzernen Stange beweglich sind, und der auf die Hauptstange aufgetragenen Scale gemessen und geben hiernach den größten und kleinsten Abstand der deutlichen Gesichtsweite.

M.

## O p t i k.

### *Optica, optice; Optique; Optics.*

Unter diesem Namen versteht man im weitern Sinne die ganze Lehre von der Bestimmung des Weges der Lichtstrahlen, im engern Sinne nur diejenigen Lehren, welche den geradlinigen Fortgang der Lichtstrahlen betreffen, wo dann Katoptrik und Dioptrik als von ihr verschiedene Theile der Lehre vom Lichte angesehen werden. In diesem engern Sinne ist der Umfang der Optik sehr beschränkt, da wir die Perspective, die Darstellung von Figuren und Körpern in einer Zeichnung, die in einer gegebenen Ebene liegt, und die Photometrie, die Lehre von dem Grade der Erleuchtung, davon absondern. Der ganze Inhalt der Optik kommt dann auf die Hauptgesetze, daß das Licht sich nach geraden Linien ausbreitet, daß die Erleuchtung sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung und wie der Sinus des Einfallswinkels verhält, zurück. Die Lehre von der Grenze der Schatten und von den Bildern, die sich im dunkeln Zimmer durch Licht-

strahlen darstellen, welche durch eine sehr enge Oeffnung einfallen, auch die Lehre vom Sehewinkel gehören hierher. Da alle diese Gegenstände im Artikel *Licht* erwähnt worden sind und unter den Artikeln *Schatten*, *Sehwinkel*, *Größe*, *scheinbare*, *Gesicht*, *Gesichtstäuschungen* noch mehr davon vorkommt, so gehört hierher nichts weiter als einige literarische Nachweisungen.

Aus dem Alterthume ist unter dem Namen des EUCLIDES ein Werk über die Optik auf unsre Zeiten gekommen, *Εὐκλείδου Ὀπτικά*, welches in 61 Theoremen meistens Sätze über scheinbare GröÙe gleicher und ungleicher Linien bei bestimmter Stellung des Auges abhandelt. Des PROLEMAEUS Optik scheint wenig Brauchbares aus der eigentlichen Optik im engern Sinne enthalten zu haben. Der arabische Mathematiker ALHAZEN im zwölften Jahrhunderte, von dem man sonst glaubte, er habe vieles aus PROLEMAEUS geschöpft, scheint, nach DELAMBRE's Urtheil, die Optik des PROLEMAEUS vielleicht gar nicht gekannt zu haben, er hat sich aber um die Optik bedeutende Verdienste erworben. VITELLIO schöpfte aus ihm und schrieb eine für seine Zeiten brauchbare Optik. Die Bücher ALHAZEN's und VITELLIO's über die Optik hat RISNER in seinem *Opticae Thesaurus* (Basil. 1572) herausgegeben.

Von Schriftstellern der frühern Zeit führe ich aus GEHLER noch folgende an, die unter dem Titel, *Perspective*, optische Gegenstände abhandeln. PECKHAM *Perspectiva communis*. (ed. HARTMANNI. Norimb. 1542. 4.) ROG. BACONIS *perspectiva*. (ed. CUMBACHII. Francof. 1614. 4.) Einige Nachrichten über diese frühern Bemühungen in der Optik, die für uns fast ohne allen Werth sind, giebt PRIESTLEY in seiner Geschichte der Optik, erste Periode, und KLÜGEL in den Zusätzen dazu.

Aus der etwas spätern Zeit besitzen wir in des MAUROLYCUS *Theoremata de lumine et umbra ad perspectivamet radiórum incidentiam facientia* (Venet. 1575. 4.) und PORTA's *Magia naturalis* (Neap. 1558. fol.) und *de refractione, optices parte* (Neap. 1593. 4.), ferner des AGUILONIUS *Opticorum libri sex* (Antwerp. 1613. fol.) einige Beiträge zur Vervollkommnung der optischen Kenntnisse. MAUROLYCUS erklärte richtig die Entstehung des runden Sonnenbildes, das selbst, wenn die Sonnenstrahlen durch ein eckiges Loch eindringen, sich zeigt; PORTA beschrieb die *Camera obscura*, die er schon durch Anwendung

einer Linse verbesserte<sup>1</sup>. AQUILONIUS trägt sehr ausführlich theils Sätze aus der Perspective, theils aus der eigentlichen Optik vor, über den Schewinkel, über das Sehen mit beiden Augen, über die Bestimmung der Entfernung der gesehenen Gegenstände u. s. w. Da die meisten spätern Schriftsteller sich mehr mit der Katoptrik und Dioptrik als mit den sehr wenig umfassenden Lehren der eigentlichen Optik beschäftigt haben, so sind die zum Theil auch hierher gehörigen Schriften in den Artikeln *Dioptrik* und *Katoptrik* erwähnt. Ich füge nur noch das neueste und sehr vorzügliche Werk über die Optik hinzu: J. F. W. HERSCHEL vom Lichte, übers. v. EDUARD SCHMIDT. Stuttgart bei Cotta. 1831.

B.

## O r t.

**Heliocentrischer Ort;** *locus heliocentricus*; lieu heliocentrique; *heliocentric place*; ist derjenige scheinbare Ort, wo ein Planet oder anderer Körper vom Mittelpunkte der Sonne aus gesehen erscheinen würde. Man bestimmt ihn entweder aus der Beobachtung des von der Erde aus gesehenen Ortes, oder unmittelbar, wenn, wie bei der Bewegung der Planeten, die Bewegung in der Bahn um die Sonne eine leichtere Bestimmung gestattet, als die von der Erde aus gesehene scheinbare Bewegung.

**Geocentrischer Ort,** *locus geocentricus*, der scheinbare Ort für ein Auge, das sich im Mittelpunkte der Erde befindet. Will man den wahren geocentrischen Ort aus einer auf der Oberfläche der Erde angestellten Beobachtung finden, so muß der beobachtete Ort durch die Parallaxe corrigirt werden<sup>2</sup>. Ist der heliocentrische Ort bekannt, so ergibt sich aus der bekannten Stellung der Erde gegen die Sonne auch der geocentrische Ort. Hieraus ist leicht zu verstehen, was heliocentrische Länge und Breite ist, was man unter dem jovicentrischen Orte in Beziehung auf den Mittelpunct des Jupiter versteht, u. s. w.

B.

**Ort, optischer, scheinbarer; s. Gesicht.**

<sup>1</sup> Ueber diese Schriftsteller geben etwas nähere Nachrichten: MONTUCLA hist. des Math. I. p. 696. 698. u. PAIRSTLEY Geschichte d. Optik. 3. 16. 30. 37.

<sup>2</sup> Vergl. *Parallaxe*.



## O s m i u m.

*Osmium; Osmium; Osmium.*

Von SMITHSON TENNANT wurde es 1803 entdeckt und findet sich im Osmium-Iridium und höchstens zu 1 Procent im Platinerz, bei dessen Auflösung in Salpetersalzsäure es theils oxydirt und verflüchtigt wird, theils in Verbindung mit dem meisten Iridium angelöst zurückbleibt. In seinem möglichst vereinigten Zustande zeigt es den Glanz und die Farbe des natürlichen Osmium-Iridiums und ein specifisches Gewicht von ungefähr 10,000; gewöhnlich wird es als ein schwarzes Pulver, welches beim Drucke Metallglanz annimmt, erhalten. Es ist nicht verdampfbar und hat einen sehr hohen, noch unbekannten Schmelzpunkt.

Der Sauerstoffgehalt seiner 5 Oxyde, von denen jedoch die 4 niedern noch wenig bekannt sind, verhält sich wie 1:14:2:3:4. Das *Osmium-Oxydul* hält auf 99,7 Osmium 8 Sauerstoff, das *Osmium-Sesquioxydul* 12, das *Osmium-Oxyd* 16 und das *Osmium-Sesquioxyd* 24 Sauerstoff. Das *Osmium-Bioxyd* (99,7 Osmium: 32 Sauerstoff) bildet sich beim Erhitzen des Osmiums an der Luft, in welcher das pulverige Osmium sogar entzündbar ist. Das Bioxyd ist weiß, biegsam, leicht schmelzbar und verdampfbar, von stechendem Geruche und scharfem Geschmacke, Lackmus nicht röthend. Es löst sich leicht im Wasser, aus welcher Lösung viele Metalle und andere desoxydirende Stoffe das metallische Osmium als ein schwarzes Pulver fallen. Mit Säuren sowohl, als auch mit Alkalien giebt das Bioxyd gelbe Verbindungen.

Das *Einfach-Chlor-Osmium* (99,7 Osmium auf 35,4 Chlor) ist dunkelgrün und löst sich mit derselben Farbe im Wasser; das *Doppelt-Chlor-Osmium* (99,7 Osmium auf 70,8 Chlor) ist scharlachroth, krystallinisch und mit grüngelber Farbe im Wasser löslich. Auch sind Verbindungen von mehrern Arten des Chlor-Osmiums mit Salmiak und Chlorkalium bekannt. — Hydrothionsäure fällt aus den sauren Auflösungen sämmtlicher Oxyde des Osmiums braunschwarzes Schwefel-Osmium.

## P.

## P a c h o m e t e r

ist ein Werkzeug, welches **BERNORT** erfunden hat, um die Dicke des Glases belegter Spiegel zu messen (von *πάχος* die Dicke und *μέτρον* das Maaß). Der Physiker hat indess nur selten oder nie Veranlassung, sich dieses Apparates zu bedienen, indem er bei etwa nöthigen Messungen anderweitige bekannte Mittel anwenden kann, und da der vorgeschlagene Apparat ohnehin den Parallelismus beider Flächen und das Brechungsverhältniß des Glases als genau bekannt voraussetzt, so scheint es mir überflüssig, eine ausführliche Beschreibung desselben mitzutheilen<sup>1</sup>.

M.

## P a l l a d i u m .

*Palladium; Palladium; Palladium.*

Ein von **WOLLASTON** entdecktes Metall, welches theils in gediegenen Körnern vorkommt, die denen des Platinerzes beigemengt sind, theils in letzterm selbst zu  $\frac{1}{2}$  bis 1 Procent enthalten ist.

Das Palladium gleicht an Farbe, Glanz, Härte und Ductilität dem Platin, hat ein spec Gewicht von 12,0 und ist vor dem Sauerstoffgasgebläse etwas leichter als Platin schmelzbar.

Es bildet mit dem Sauerstoff 2 Oxyde, die beide Salzbasen sind. Das *Palladiumoxydul* (53,3 Palladium auf 8 Sauerstoff) entsteht bei dem unter Funkensprühen erfolgenden Verbrennen des Palladiums im Sauerstoffgasgebläse und bei der Auflösung des Metalls in Salpetersäure. Es ist schwarz, liefert mit Wasser ein rostfarbiges Hydrat und mit Säuren braungefärbte Palladiumoxydulsalze, welche durch Hydriodsäure, Eisenvitriol und viele Metalle metallisch, durch Alkalien pomeranzengelb, durch Hydrothionsäure schwarzbraun und durch Blausäure und blausaures Quecksilberoxyd gelbweiss gefällt werden und die sich im überflüssigen Ammoniak zu einer erst gelben, dann farblos werdenden Flüssigkeit auflösen.

Das *Palladiumoxyd* (53,3 Palladium auf 16 Sauerstoff) ist

---

<sup>1</sup> Annales de l'Industrie nationale. 1824. Mai. p. 145. Daraus in Poggendorff Ann. LXXVIII. 90.

ebenfalls in trockenem Zustande schwarz und in gewässertem gelbbraun und löst sich schwierig in Säuren mit gelber Farbe.

Das *Einfach-Chlor-Palladium* ist schwarzbraun, läßt sich bei gelinder Hitze ohne Zersetzung schmelzen, verliert bei stärkerer alles Chlor und liefert mit Wasser eine braungelbe Lösung. — Das *Doppelt-Chlor-Palladium* ist nur in den Verbindungen mit Salmiak und mit Chlorkalium bekannt, welche beide in zinnoberrothen Oktaedern krystallisiren: Das *Selen-Palladium* ist grau und strengflüssig, das *Schwefel-Palladium* ist im gefällten Zustande dunkelbraun, im geschmolzenen bläulichweiß von blätterigem Bruche und sehr hart, und verliert seinen Schwefel bloß beim Erhitzen an der Luft. Hält man über die Weingeistflamme ein Palladiumblech, so bedeckt es sich im innern Theile derselben dick mit Kohle, welche beim Verbrennen Palladium zurückläßt; auch schwillt schwammiges Palladium, in glühendem Zustande auf einen mit Weingeist getränkten Docht gelegt, durch Bildung einer solchen *palladiumhaltigen Kohle* um mehr als das Zehnfache auf und läßt dann beim Verbrennen an der Luft ein Skelett von Palladium.

G.

## P a l l a s

ist der Name eines der kleinen Planeten, deren Bahnen zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter liegen. Ihr Zeichen ist eine Lanze ♃.

### Geschichte der Entdeckung.

Als OLBERS am 28. März 1802 die erst kürzlich wieder aufgefundene Ceres beobachtete und dabei auch die Gegend des Gestirns der Jungfrau, wo die Ceres von ihm zuerst wieder aufgefunden worden war, betrachtete, ward er einen Stern gewahr, der zur Zeit der Entdeckung der Ceres dort nicht gestanden hatte und der schon bei dreistündiger Beobachtung eine allmählig kleinere gerade Aufsteigung und größere Abweichung zu erlangen schien. Am 29. März war der Stern um 10' in der Rectascension, um 19' in der Deklination fortgerückt und die folgenden Tage gaben eine etwas abnehmende scheinbare Bewegung. Da der Stern sich ganz von allen Kometen unterschied, so hielt OLBERS ihn sehr bald für einen neuen Planeten und nannte ihn *Pallas*. Die Versuche, die Bahn dieses neuen Gestirns zu be-

stimmen, zeigten, daß diese weder ein Kreis, noch eine Parabel seyn konnte, sondern eine Ellipse seyn müsse; aber ehe OLBERS es noch rathsam fand, nach so wenigen Beobachtungen die Ellipse näher zu bestimmen, hatte GAUSS schon nach seiner ihm eigenthümlichen Methode diese Bestimmung ausgeführt und eine ziemlich excentrische Ellipse gefunden, deren große Axe nur wenig von der großen Axe der Ceresbahn verschieden war. Die weitem Beobachtungen bestätigten vollkommen, daß der Stern ein Planet ist, dessen Bahn freilich eine sehr bedeutende Neigung gegen die Ekliptik hat und dessen Umlaufszeit von der der Ceres sehr wenig und auch von der der Juno nicht viel verschieden ist. Die von GAUSS aus einem so sehr kleinen Bogen der scheinbaren Bahn berechnete Bahn dieses Planeten erregte damals, wegen ihrer sehr nahen Uebereinstimmung mit den folgenden Beobachtungen, mit Recht die größte Bewunderung für die von GAUSS angewandte Methode<sup>1</sup>.

### Elemente der Bahn.

Die Elemente der Bahn sind bei den vieljährigen Beobachtungen immer mehr berichtigt worden. Im Jahre 1831 gab ENCKE folgende Elemente an<sup>2</sup>:

Halbe große Axe = 2,77263.

Excentricitätswinkel =  $14^{\circ} 0' 16''$ ,3,

also Excentricität = 0,24199.

Umlaufszeit = 1686 Tage 6 St.

Mittlere tägl. siderische Bewegung =  $768''$ ,54421,

Neigung der Bahn =  $34^{\circ} 35' 49''$ ,1.

Länge des aufst. Knotens =  $172^{\circ} 38' 29''$ ,8.

Länge des Perihelii =  $121^{\circ} 5' 0''$ ,5.

Mittl. Länge der Pallas 1831 am 23. Juli 0<sup>h</sup> mittl. Berlin. Zeit =  $290^{\circ} 38' 11''$ ,8.

Aber rein elliptische Elemente können bei den sehr bedeutenden Störungen des Jupiter den wahren Ort der Pallas immer nur sehr unvollkommen angeben, wie GAUSS schon 1810 an den bis dahin beobachteten Oppositionen zeigte<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Astr. Jahrb. 1805. S. 102. Mon. Corresp. V. 481. 591. VII. 369.

<sup>2</sup> Astr. Jahrb. 1831. S. 250.

<sup>3</sup> Mon. Corr. XKII. 591.

## Gröfse und natürliche Beschaffenheit.

Nach SCHRÖTER's Messungen<sup>1</sup> würde der Durchmesser dieses Planeten in seiner mittlern Entfernung von der Erde doch immer noch  $1\frac{1}{2}$  Sec. betragen und in der Opposition könnte Pallas 3 Sec. im Durchmesser groß erscheinen, indem sich für einen Abstand gleich der mittlern Entfernung der Erde von der Sonne  $4\frac{1}{2}$  Sec. als scheinbare Gröfse ergab, woraus der wahre Durchmesser = 455 Meilen folgen würde. Aber auch hier, wie bei der Ceres<sup>2</sup>, fand HERSCHEL ganz andere Bestimmungen<sup>3</sup>. Die Pallas zeigte sich ihm nie scheibenartig begrenzt, sondern mehr kometenähnlich, von nebeligem Ansehn. Mit einer Scheibe von 1,4 Zoll Durchmesser in 178 Fuß Entfernung verglichen liefs sich schliesen, dafs Pallas nur  $\frac{1}{4}$  Sec. im Durchmesser groß erscheine. Hiernach ist der kleine Mercurius 31000mal so groß als die Pallas und diese hat nur etwa 30 Meilen im Durchmesser. Ungeachtet der großen Zuverlässigkeit, die man sonst SCHRÖTER's Messungen mit Recht beilegt, haben sich doch die Astronomen hier für HERSCHEL's Messungen entschieden, und es ist auch nicht zu verwundern, dafs Körper, die bei 600maliger Vergrößerung noch nicht deutlich scheibenförmig erscheinen, bei der Abmessung, die SCHRÖTER anwandte, leicht unrichtig beurtheilt werden können.

Ueber die Lage der Bahnen beider Planeten, Ceres und Pallas, die fast genau in gleicher Zeit ihre Umläufe um die Sonne vollenden, hat BONZ Bemerkungen mitgetheilt<sup>4</sup>. Er zeigte nach den damaligen Beobachtungen, wie von der Sonne aus gesehn die Pallas bald östlich bald westlich von der Ceres erscheine und scheinbar eine geschlossene Bahn um sie durchlaufe. Eben so betrachtete er die relative Lage beider Planeten gegen einander oder bestimmte, welche Bahn ein Ceresbewohner, der seinen Planeten als ruhend ansähe, der Pallas beilegen würde. Diese Untersuchungen sind zwar nicht ohne einiges Interesse, indess, da die Störungen die Bahnen dieser Planeten sehr verändern, so ist ihr Werth doch nur beschränkt,

B.

<sup>1</sup> Lilienth. Beob. d. Planeten Ceres, Pallas, Juno. (Göttingen 1805.) S. 223.

<sup>2</sup> Vergl. Art. Ceres.

<sup>3</sup> Phil. Transact. 1802. S. 213. 1807. S. 260.

<sup>4</sup> Astronom. Jahrb. 1807, S. 216.

## P a n o r a m a ,

(von *πᾶν*, alles und *ὁράω*, ich sehe) eine Darstellung aller Gegenstände, die man von einem bestimmten Punkte aus nach allen Seiten übersieht, auf den verticalen Wänden, die den im richtigen Standpuncte stehenden Beschauer des Gemäldes, das daher ein *Rundgemälde* heißen kann, umgeben.

Den Wänden, worauf die Zeichnung aufgetragen ist, wird man am liebsten die cylindrische Form geben und dieser Cylinder darf, um die Täuschung zu befördern und um keinen zu eng bestimmten Standpunct des Auges zu fordern, nicht von zu kleinem Durchmesser seyn. Die Regeln, nach denen die Zeichnungen ausgeführt werden müssen, lassen sich leicht übersehn, wenn man nur überlegt, wie verticale, horizontale, schiefe und gerade Linien darzustellen sind.

Was die verticalen Linien betrifft, so erhellt sogleich, daß sie auch auf den verticalen Seitenwänden gerade Verticallinien werden. Unter den Horizontallinien wird jede in der Höhe des Augenpunctes liegende ein Theil des horizontalen Kreises, der in gleicher Höhe mit dem Auge auf der Cylinderfläche gezeichnet ist, und wenn man die Cylinderfläche abgewickelt in eine Ebene ausbreitet, so bildet dieser Kreis eine Parallellinie zu der Grundlinie, die dann aus dem Umfange der Basis hervorgeht. Für Horizontallinien AB, die höher oder tiefer als das Auge liegen, läßt sich leicht folgende Regel übersehn. Wenn C der Augenpunct, ab der Durchmesser der für die Zeichnung bestimmten Oberfläche ist, so muß man erstlich durch C eine Linie ab mit der in die Zeichnung zu bringenden Linie AB parallel ziehn, a und b sind dann die Punkte, wo man die unendlich entlegenen Theile der Linie AB auftragen müßte; um aber diese ganze Linie aufzutragen, muß man zweitens den Punct, der in der Zeichnung die höchste oder tiefste Lage erhält, dadurch bestimmen, daß man d um einen Quadranten von a und b entfernt nimmt und  $d e = \frac{r \cdot h}{a}$  senkrecht

hinauf oder hinab aufträgt, wenn r der Halbmesser der cylindrischen Zeichnungsfläche, a der senkrechte Abstand der Axe des Cylinders von AB, h die Höhe oder Tiefe dieser Horizontallinie über oder unter dem Augenpuncte ist; hat man diesen Punct gefunden, so stellt drittens die halbe Ellipse, deren Schei-

tel e und deren Durchmesser  $ab$  ist, die ins Unendliche verlängerte Horizontallinie  $AB$  dar. Sollen also mehrere parallele Horizontallinien gezeichnet werden, so sind diese auf der Cylinderfläche halbe Ellipsen, die sich alle in  $a, b$  schneiden und ihre Scheitel nach Maßgabe des Quotienten  $\frac{h}{a}$  höher oder

tiefer haben. Da man aber in jedem Falle nur kurze Theile dieser Horizontallinien gebraucht, so erhält man für diese folgende Bestimmung. Es sey ein Punct  $A$  aufzutragen, der um den horizontalen Winkel  $= \alpha$  von  $DC$  entfernt ist oder für den die durch  $CA$  gelegte Vertical-Ebene mit der durch  $CD$  gelegten Vertical-Ebene den Winkel  $= \alpha$  macht, so ist dieses Punctes  $A$  horizontaler Abstand von der Axe des Cylinders  $= \frac{a}{\cos. \alpha}$  und er ist daher in der Höhe oder Tiefe  $= \frac{r h \cdot \cos. \alpha}{a}$

aufzutragen. In der abgewickelten Cylinderfläche, wo dem Bogen  $\alpha$  die Länge  $= r \cdot \alpha$  auf der Grundlinie des Gemäldes entspricht, gehören also zu Abscissen  $= r \cdot \alpha$ , von  $d$  an gerechnet, Ordinaten  $= \frac{h r \cdot \cos. \alpha}{a}$ , und daraus läßt sich die ganze Linie,

die auf der Cylinderfläche selbst eine Ellipse ist, zeichnen. Es läßt sich leicht zeigen, daß Theile der Horizontallinie, die dem nächsten Puncte derselben nahe liegen, auf der abgewickelten Cylinderfläche beinahe horizontal dargestellt werden, wogegen diejenigen, für welche  $\alpha = 90^\circ$  ist, am stärksten, unter dem Winkel  $= \varphi$ , dessen Tangente  $= \frac{h}{a}$  ist, geneigt dargestellt werden.

Für gerade Linien, die irgend eine Neigung gegen den Horizont haben, findet zuerst wieder die Bestimmung statt, daß man ihre unendlich entfernten Theile dahin zeichnen müßte, wo eine durch den Augenpunct parallel zu jener Linie gezogene gerade Linie die Cylinderfläche trifft, das wäre in der Höhe  $= \pm r \cdot \text{Tang. } \gamma$ , wenn  $\gamma$  die Neigung der Linie gegen den Horizont bedeutet. Denkt man sich nun eine durch die Axe des Cylinders gehende Vertical-Ebene, senkrecht gegen die Vertical-Ebene, in welcher sich die Linie befindet, und nimmt an, daß diese die Linie in dem horizontalen Abstände  $= a'$  von der Axe und in der Höhe  $= h'$  über dem Augenpuncte trifft, so muß dieser Punct in der Höhe  $= \frac{r h'}{a'}$  aufgetragen werden. Eine

Vertical-Ebene durch die Axe des Cylinders gelegt, die mit der vorigen den Winkel  $= \alpha$  macht, trifft die Linie in einer horizontalen Entfernung  $= \frac{a}{\cos. \alpha}$  und in einer Höhe  $= a' \cdot \text{Tang. } \alpha \cdot \text{Tang. } \gamma$  über dem vorigen, und dieser Punkt der geraden Linie ist also in einer Höhe  $= \frac{r \cdot (h' + a' \text{Tang. } \alpha \cdot \text{Tang. } \gamma)}{a' \text{Sec. } \alpha}$ .

$= \frac{r h' \cos. \alpha}{a} + r \sin. \alpha \cdot \text{Tang. } \gamma$  aufzutragen. Der niedrigste oder höchste aufzutragende Punkt liegt also da, wo  $\frac{h'}{a} \sin. \alpha = r \cos. \alpha \cdot \text{Tang. } \gamma$  oder  $\text{Tang. } \alpha = \frac{r a'}{h'} \text{Tang. } \gamma$  ist.

Hieraus lassen sich alle für das Panorama geltende Zeichnungsregeln ableiten; aber freilich für die wichtigste Kunst, durch richtige Bestimmung des Lichtes und Schattens, durch richtige Abstufung der Lebhaftigkeit der Farben u. s. w. die Wirkung hervorzubringen, daß der Zuschauer wirklich die sehr entfernten Gegenstände vor sich zu sehen glaubt, lassen sich nicht so leicht die Regeln angeben.

Nach VIETH's Angabe<sup>1</sup> hat BARKER zuerst 1793 in London ein Panorama aufgestellt, welches die Gegend von Portsmouth und der Insel Wight darstellte. Das erste Panorama, das in Deutschland gezeigt wurde, ist, so viel ich weiß, das Panorama von London im Jahre 1800 gewesen. B.

## P a n t o g r a p h ,

auch *Storchschnabel* genannt (von  $\pi\alpha\nu$  alles und  $\gamma\rho\acute{\alpha}\varphi\epsilon\iota\nu$  schreiben), ist ein Instrument, womit man in jeder Art von Reduction, entweder verkleinernd oder vergrößernd, Figuren copirt. Der gemeine Pantograph oder Storchschnabel besteht aus 4 Stäben, welche mit einander verbunden sich ihre Bewegung in horizontaler Ebene so mittheilen, daß zwei an den gehörigen Stellen durchgesteckte Stifte in gleichen Richtungen aliquote Räume durchlaufen, weswegen der eine diejenigen Figuren in proportionaler Größe auf ein untergelegtes Blatt zeichnet, die der andere auf der gegebenen Zeichnung durchläuft. Sonach dient also dieses Werkzeug zum genauen Copiren, verbunden

<sup>1</sup> Vieth's Lehrb. d. physisch-angewandten Mathematik. 2ter Th. S. 109. Leipz. bei Barth 1826.



mit einer beliebigen Reduction, die neue Zeichnung aber wird der gegebenen um so ähnlicher, je sorgfältiger dasselbe mit Vermeidung jedes todten Ganges in den Charnieren und einer Biegung der Stäbe und der Stifte gearbeitet ist. Eine sehr zweckmäßige Einrichtung dieses seit langer Zeit bekannten Apparates mit sinnreicher Berücksichtigung aller zur größten Genauigkeit erforderlichen Bedingungen hat PARNOT<sup>1</sup> angegeben, wodurch derselbe geeignet wird, selbst Landkarten mit Sicherheit zu copiren. In München hat man den Pantographen so eingerichtet, daß die gegebenen Zeichnungen zugleich dadurch umgekehrt werden, um vermittelt desselben die Figuren auf Stein zu zeichnen, wonach sie also nach dem Abdrucke wieder gerade erscheinen. Solcher Vorrichtungen bedient man sich auch anderweitig zu ähnlichen Zwecken.

Ein dem letztern Apparate ähnlicher, zu einem gleichen Gebrauche bestimmter Apparat ist der Ikonograph (von *εἰκών* das Bild und *γράφειν* schreiben, zeichnen), welchen J. LOHSE erfunden und neuerdings bekannt gemacht hat<sup>2</sup>. Er besteht aus einer verticalen, in irgend einem aliquoten Theile derselben nach allen Seiten hebelartig drehbaren, an beiden Enden mit beweglichen Stiften versehenen Röhre. Beim Gebrauche wird der obere Stift auf den Umrissen der Zeichnungen hingeführt, die dann der untere sogleich auf den Stein verkehrt aufträgt.

Diese Apparate werden zwar von den Physikern gebraucht, können aber nicht als eigentlich physikalische gelten und es wird daher eine allgemeine Andeutung derselben hier genügen.

M.

## P a r a l l a x e.

*Parallaxis*; *parallaxe*; *parallax*; (von *παράλλασ-σιν* verändern, verschieden seyn) ist im Allgemeinen die Verschiedenheit des scheinbaren Ortes eines und desselben, von zwei verschiedenen Orten aus gesehenen Gegenstandes. Daher spricht man von Parallaxe, die bei dem Gebrauche eines Instrumentes aus ungleicher oder unrichtiger Stellung des Auges ent-

1 Mém. de l'Acad. de Petersb. 1831. T. I. Liv. 1.

2 J. LOHSE's Ikonograph u. s. w. Aus dem Jahresberichte der Hamb. Gesellsch. zur Verbreit. mathem. Kenntn. abgedr. Hamb. 1832.

steht, wodurch z. B. die Oberfläche des Quecksilbers im Barometer nicht auf den richtigen Theilstrich der Scale bezogen wird, wenn man das Auge zu hoch oder zu tief hält, wodurch die Theilstriche des Nonius fehlerhaft abgelesen werden, wenn er sich nicht nahe an die Hauptscale anschliesst und das Auge seitwärts steht, wodurch das Einspielen des die Verticallinie bestimmenden Fadens vor dem Nullpuncte eines Instruments unsicher wird, wenn der Ort des Auges nicht streng bestimmt ist u. s. w. Am meisten ist in der Astronomie von Parallaxe die Rede, indem es von ihr abhängt, daß die Sonnenfinsternisse nicht an verschiedenen Orten der Erde gleich erscheinen, daß die Bedeckungen der Sterne durch den Mond an einem Orte stattfinden, während am andern der Mond über oder unter dem Sterne vorbei zu gehn scheint. Ein Beispiel von der Berechnung der Entfernung eines Meteors durch die beobachtete Parallaxe kommt in dem Art. *Feuerkugel* vor.

In der Astronomie ist es vorzüglich die Zurückführung der Erscheinungen auf den Mittelpunct der Erde, welche eine Berechnung der Parallaxe nöthig macht. Da man nämlich alle Erscheinungen des Mondes, der Sonne und der Planeten für den Mittelpunct der Erde berechnet, so erfordert diese Berechnung, um mit einer Beobachtung verglichen zu werden, eine Correction, die davon abhängt, daß in dem Dreiecke CEL, wo C <sup>17.</sup> der Mittelpunct der Erde, E der Ort an ihrer Oberfläche, L der Himmelskörper ist, der Winkel CLE, CLE desto bedeutender wird, je kleiner die Entfernung CL oder Cl ist. Der Winkel CLE aber ist hier die Parallaxe oder die Aenderung der Richtung, in welcher der Gegenstand erscheint, wenn man sich von C nach E versetzt, und da die Fixsterne, ihrer allzu grossen Entfernung wegen, keine Parallaxe haben, so ist dieses zugleich die scheinbare Veränderung des Ortes zwischen den Fixsternen. Dieses ist die *tägliche Parallaxe*, welche von der Grösse und Gestalt der Erde abhängt, wogegen die *jährliche Parallaxe* sich auf die Erdbahn bezieht und diejenige Veränderung des scheinbaren Ortes eines Fixsternes angiebt, die dadurch entsteht, daß die Erde nach und nach andere Stellungen in ihrer Bahn annimmt.

## Die tägliche Parallaxe.

Schon HIPPARCH hat die Nothwendigkeit gefühlt, auf die Parallaxe des Mondes, weil seine Entfernung so gering ist, Rücksicht zu nehmen. PTOLÆMÆUS hat diese Parallaxe zu beobachten gesucht, indem er richtig überlegte, daß der Mond die vermöge seiner täglichen scheinbaren Bewegung in einem Parallelkreise berechneten Höhen nicht genau erreichen werde, selbst dann, wenn er selbst keine eigne Bewegung hätte, sondern daß er am Horizonte uns weiter vom Zenith entfernt erscheinen müsse, als es dem Laufe in einem genauen Parallelkreise gemäß wäre.

Die Berechnung der Parallaxe ist in Beziehung auf den Horizont am einfachsten. Es sey ABD die Oberfläche der Erde, <sup>Fig. 18.</sup> C ihr Mittelpunkt, L ein entfernter Himmelskörper, der also dem Orte B im Zenith steht. Hier ist für den Beobachter in E der Winkel CLE die Parallaxe und es ist

$$\sin. CLE = \frac{CE}{CL} \sin. ZEL, \text{ wenn } EZ \text{ die nach dem Zenith}$$

des Beobachters gezogene Linie ist. Der Sinus der Parallaxe ist also dem Halbmesser der Erde und dem Sinus der scheinbaren Zenithdistanz direct, dem Abstände des Himmelskörpers vom Mittelpunkte der Erde aber umgekehrt proportional. Wenn der Himmelskörper im Horizonte erscheint, so ist  $ZEL = 90^\circ$  und also die Parallaxe am größten; sie heißt dann die *Horizontal-*

*parallaxe*, deren Sinus folglich  $= \frac{CE}{CL}$  ist; in allen andern Fäl-

len ist CLE die *Höhenparallaxe*, weil des Gestirns L scheinbare Zenithdistanz ZEL um  $ELC = IEL$  größer, also die scheinbare Höhe um eben so viel kleiner ist, als sie seyn würde, wenn das Gestirn keine Parallaxe hätte, d. h., weit genug entfernt wäre, um von E aus als nach der mit CL parallelen Richtung El erscheinend angesehen werden zu können. Da die Horizontalparallaxe und so auch die Höhenparallaxe von der Größe des Erdhalbmessers abhängt, so ist sie nicht an allen Orten der Erde gleich, sondern an den Orten größer, die eine geringere Breite haben.

Die Horizontalparallaxe ist gleich dem scheinbaren Halbmesser der Erde von dem Himmelskörper aus gesehn. Es <sup>Fig. 19.</sup> sey nämlich L der im Horizonte des Ortes M stehende Him-

melskörper, so ist CLM gleich dem halben scheinbaren Durchmesser der von L aus gesehenen Erde und zugleich CLM die Horizontalparallaxe dieses Himmelskörpers.

Wegen der sphäroidischen Gestalt der Erde und der daraus entspringenden Ungleichheit der Horizontalparallaxe muß man, um ganz bestimmte Angaben zu machen, die *Aequatoreal-Horizontalparallaxe* angeben. Diese ist für den Mond in seiner mittlern Entfernung ungefähr um  $11\frac{1}{4}$  Sec. größer, als die Horizontalparallaxe des Mondes am Pole. Wegen der sehr ungleichen Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde ist seine Aequatoreal-Horizontalparallaxe sehr ungleich, bei seiner größten Entfernung  $53' 30''$ , bei seiner größten Nähe  $61' 29''$ . Die Horizontalparallaxe der Sonne ist  $= 8'',58$  für die mittlere Entfernung der Sonne. Für die uns zuweilen ziemlich nahe kommenden Planeten Mars und Venus ist sie nach Maßgabe der ungleichen Entfernung sehr verschieden.

Auf der sphäroidischen Erde muß man, um genau zu seyn, nicht bloß auf den unter verschiedenen Breiten ungleichen Halbmesser der Erde, sondern auch auf den Winkel, den die durch das Loth bestimmte Verticallinie mit der nach dem Mittelpunkte der Erde gezogenen Linie macht, Rücksicht nehmen; diesen Gegenstand übergehe ich hier und werde nachher noch Formeln angeben, die auch für die sphäroidische Erde anwendbar sind.

Die Frage, wie sich wegen der Parallaxe die Rectascensionen und Deklinationen eines Gestirns ändern, läßt sich auf folgende Weise beantworten. Es sey PQ die Erd-Axe, NCOM die Ebene des Aequators, L das beobachtete Gestirn, dessen geocentrische Deklination  $LCM = D$  ist; E sey der Beobachtungsort und dessen geographische Breite  $= B$ . Projicirt man L und E nach M und e auf die Ebene des Aequators, so ist leicht zu übersehn, daß die Parallaxe in Beziehung auf die Rectascension eben so groß ist für den von e aus gesehenen Punct M, als für den von E aus gesehenen Punct L, und da  $Ce = r \cdot \cos. B$ , so ist  $\sin. CM e = \frac{r \cdot \cos. B \cdot \sin. M C e}{M e}$ ,

wenn r der Halbmesser der Erde CE ist,  $M C e = L$  ist offenbar der Längenunterschied zwischen denjenigen Orten, welchen L im Meridian erscheint, und dem Beobachtungsorte E. Die Rectascension wird also durch die Parallaxe gar nicht geändert, wenn

$MCe = 0^\circ$  oder  $= 180^\circ$  ist, in welchen Fällen das Gestirn im südlichen oder nördlichen Meridiane erscheint; dagegen am meisten, wenn  $MCe = 90^\circ$ , in welchem letztern Falle der Sinus der Rectascensionsparallaxe  $= \frac{r \cos. B}{Me}$  ist.

Was die Parallaxe der Abweichung betrifft, so ist, wenn  $CL = 1$ , der Abstand des Gestirns von der Ebene des Aequators  $= 1 \cdot \sin. D$ , der Abstand des Beobachters von der Ebene des Aequators  $= r \cdot \sin. B$  und der auf den Aequator projecirte Abstand der Linie  $EL$ , nämlich  $eM$ ,  $=$

$$\sqrt{\{1^2 \cos.^2 D - 2rl \cos. D \cos. B \cos. L + r^2 \cos.^2 B\}},$$

folglich die scheinbare Deklination  $D'$  des Gestirns in  $E$  durch

$$\text{Tang. } D' = \frac{1 \sin. D - r \sin. B}{\sqrt{1^2 \cos.^2 D - 2rl \cos. D \cos. B \cos. L + r^2 \cos.^2 B}}$$

$$= \frac{\text{Tang. } D - \frac{r \sin. B}{1 \cos. D}}{\sqrt{1 - \frac{2r \cos. B \cos. L}{1 \cos. D} + \frac{r^2 \cos.^2 B}{1^2 \cos.^2 D}}} \text{ angegeben.}$$

Wenn also ein unter  $45^\circ$  Breite beobachtender Astronom den Mond, für welchen  $\frac{r}{1} = \frac{1}{60}$  ungefähr ist, im Meridiane und 6 Stunden vom Meridiane entfernt beobachtet, so ist, wenn der Mond im Aequator ist, das eine Mal

$$\text{Tang. } D' = \frac{-\frac{r}{1} \sin. 45^\circ}{1 - \frac{r}{1} \sin. 45^\circ} = 0,011926,$$

das andere Mal

$$\text{Tang. } D' = \frac{-\frac{r}{1} \sin. 45^\circ}{\sqrt{1 + \frac{r^2 \sin.^2 45^\circ}{1^2}}} = 0,011784.$$

$D'$  nähme also von  $41' 0''$  auf  $40' 30''$  ab. Hieraus folgt, daß man die Parallaxe des Gestirns nur sehr wenig bemerken würde, wenn man dasselbe in seinem täglichen scheinbaren Wege mit dem parallaktischen Instrumente verfolgen wollte, selbst wenn auch die Ungleichheit der Strahlenbrechung eine solche Beobachtung nicht ganz und gar unsicher machte.

Die Beziehung auf die Ekliptik fordert oft, namentlich bei Sonnenfinsternissen, eine Berechnung der durch die Parallaxe

hervorgebrachten Unterschiede zwischen der beobachteten und der geocentrischen Länge und Breite, also der *Längenparallaxe* und *Breitenparallaxe*. Aus dem Art. *Neunzigster* ist bekannt, daß die Bestimmung der Länge des Nonagesimus uns für den bestimmten Ort und die bestimmte Zeit den höchsten Punct der Ekliptik, also denjenigen Punct, wo sie von einem Verticalkreise senkrecht geschnitten wird, angiebt. Alle Puncte des dem Neunzigsten treffenden Verticalkreises haben also gleiche Länge, und obgleich wegen der Parallaxe das Gestirn dem Beobachter niedriger erscheint, als es aus dem Mittelpuncte der Erde erscheinen sollte, so ist doch damit keine Veränderung der Länge verbunden, wenn das Gestirn in jenem Verticalkreise steht oder mit dem Nonagesimus gleiche Länge hat. In allen andern Fällen muß sowohl die Längenparallaxe als auch die Breitenparallaxe berechnet werden. Diese Berechnung wird gewöhnlich an die Länge und Höhe des Nonagesimus so geknüpft, daß man

Fig. 21. in dem Dreiecke  $ELl$  den Winkel  $LEl$  und den Unterschied der Seiten  $EL$ ,  $El$  sucht. In diesem Dreiecke ist nämlich  $Z$  das Zenith,  $E$  der Pol der Ekliptik,  $L$  der wahre,  $l$  der durch die Parallaxe veränderte scheinbare Ort des Gestirns. Die Zenithdistanz  $ZL$  und die Höhenparallaxe  $Ll$  sind bekannt, auch  $ZE$  gleich der Höhe des Nonagesimus und  $ZEL$  gleich dem Unterschiede der Länge des Nonagesimus und des Gestirns, wovon sich  $LEl$  als Längenparallaxe und  $El - EL$  als Breitenparallaxe findet.

OLBERS hat, indem er durch bequeme Ausdrücke für die auf die Ekliptik bezogenen Coordinaten des Beobachtungsortes die Berechnung des Nonagesimus erspart, leichtere Formeln angegeben, deren Ursprung sich so übersehn läßt. Wenn  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  auf die Ekliptik bezogene Coordinaten des Mondes sind,  $Z$  senkrecht auf die Ebene der Ekliptik,  $X$  in dieser Ebene in der Linie der Frühlingsnachtgleiche,  $Y$  auf diese Linie senkrecht, und  $x$ ,  $y$ ,  $z$  eben das für den Beobachtungsort;  $L$  die wahre,  $L'$  die scheinbare Länge,  $\lambda$  die wahre,  $\lambda'$  die scheinbare Breite; so hat man, wenn  $A$  den Beobachter,  $E$  den Mond

Fig. 22. bezeichnet,  $DG = X - x$ ,  $FT = Y - y$ ,  $ES = Z - z$ ,

$$FBT = L', \quad EAS = \lambda', \quad \text{also } \text{Tang. } L' = \frac{Y - y}{X - x},$$

$$\text{Tang. } \lambda' = \frac{(Z - z)}{(X - x) \text{ Sec. } L'} = \frac{ES}{BF}. \quad \text{Die Entfernung des Mon-}$$

des vom Mittelpunkte der Erde  $CE = R$ , die Entfernung des Beobachters vom Mittelpunkte der Erde  $= r$  gesetzt erhält man  $Z = R \cdot \sin. \lambda$ ,  $CF = R \cdot \cos. \lambda$ ,  $X = R \cdot \cos. L \cdot \cos. \lambda$ ,  $Y = R \cdot \sin. L \cdot \cos. \lambda$ . Man findet  $x$ ,  $y$ ,  $z$  am bequemsten, indem man zuerst auf dem Aequator  $u$  in der Linie der Frühlingsnachtgleiche,  $v$  gegen diese senkrecht,  $u = r \cos. \alpha \cos. \beta$ ,  $v = r \sin. \alpha \cos. \beta$ , und auf den Aequator senkrecht  $w = r \sin. \beta$  nimmt, wo  $\alpha$  die geocentrische Rectascension des Beobachters,  $\beta$  seine geocentrische Deklination ist; da dann  $v$ ,  $w$ ,  $y$ ,  $z$ , in der Ebene des Neigungswinkels der Ebenen des Aequators und der Ekliptik liegen, so giebt  $\varepsilon =$  Schiefe der Ekliptik

$$x = u = r \cos. \alpha \cos. \beta,$$

$$y = v \cos. \varepsilon + w \sin. \varepsilon = r (\sin. \alpha \cos. \beta \cos. \varepsilon + \sin. \beta \sin. \varepsilon),$$

$$z = w \cos. \varepsilon - r \sin. \varepsilon = r (\sin. \beta \cos. \varepsilon - \sin. \alpha \cos. \beta \sin. \varepsilon),$$

also  $\text{Tang. } L' =$

$$\frac{R \cdot \sin. L \cos. \lambda - r (\sin. \alpha \cos. \beta \cos. \varepsilon + \sin. \beta \sin. \varepsilon)}{R \cos. L \cos. \lambda - r \cos. \alpha \cos. \beta}$$

und  $\text{Tang. } \lambda' =$

$$\frac{\cos. L' \{ R \sin. \lambda - r [\sin. \beta \cos. \varepsilon - \sin. \alpha \cos. \beta \sin. \varepsilon] \}}{R \cos. L \cos. \lambda - r \cos. \alpha \cos. \beta}.$$

Diese Formeln werden noch etwas bequemer, wenn man  $\frac{r}{R} = \sin. \pi =$  Sinus der für den Beobachtungsort geltenden Horizontalparallaxe und  $\sin. \alpha \cotang. \beta = \text{Tang. } \varphi$  setzt und dann  $\sin. (\varphi + \varepsilon)$  und  $\cos. (\varphi + \varepsilon)$  einführt<sup>1</sup>.

Durch diese Formeln ist sogleich die scheinbare Länge und Breite selbst gefunden, und die sphäroidische Gestalt der Erde wird berücksichtigt; wenn man für  $r$  den Erdhalbmesser setzt, der dem Beobachtungsorte entspricht.

Umständlicher handelt von der Parallaxenrechnung: Wurm's praktische Anleitung zur Parallaxenrechnung, sammt neu berechneten Tafeln des Nonagesimus, nebst andern Hülftafeln. (Tübingen, Cotta 1804.) Für den Einfluss der Parallaxe auf den Abstand des Mondes von Fixsternen hat HORNER Formeln und Hülftafeln gegeben<sup>2</sup>.

Um die Parallaxe durch Beobachtung zu finden, müßte man den Himmelskörper, während sich seine Entfernung nicht

1 Astronom. Jahrb. 1808. S. 196. 1811. S. 95.

2 DE ZACH Corr. astr. VII. 162.

merklich ändert, in einer hohen Stellung und in einer Stellung nahe am Horizonte beobachten; aber um genaue Resultate zu erhalten, müßte da die Strahlenbrechung sehr genau bekannt seyn und man müßte auf die eigene Bewegung des Himmelskörpers, des Mondes z. B., genau Rücksicht nehmen. Sicherer ist die Bestimmung, wo zwei Beobachter gleichzeitig an entfernten Orten beobachten. Liegen beide Orte unter einerlei Meridiane, so giebt der Unterschied der beobachteten Deklinationen im Meridiane sogleich die für den Abstand beider Orte stattfindende Parallaxe. Aus ähnlichen Beobachtungen hat man die Parallaxe des Mars zu bestimmen gesucht<sup>1</sup>, um daraus seine wahre Entfernung und, wegen des genau bekannten Verhältnisses der Abstände, auch die Entfernung der Sonne zu berechnen. Indefs läßt diese sich weit genauer aus den Durchgängen der Venus durch die Sonne finden<sup>2</sup>.

### J ä h r l i c h e   P a r a l l a x e .

Parallaxe der Erdbahn; *Parallaxis orbis annui*; Parallaxe de l'orbite; *Parallax in reference to the annual Orb*. Wegen der Veränderung des Ortes der Erde in ihrer Bahn müßten auch die Fixsterne eine Parallaxe zeigen, wenn sie nicht so sehr entfernt wären. Da alle Beobachtungen aber ergeben, daß diese Parallaxe ganz unmerklich ist, so folgt daraus, daß der Durchmesser der Erdbahn äußerst gering gegen die Entfernung der Fixsterne seyn muß. Es ist sehr einleuchtend, daß die Parallaxe der Fixsterne die Breite derselben am größten zeigen müßte, wenn die Erde dem Sterne am nächsten oder wenn der Stern der Sonne gegenüber steht, und am kleinsten, wenn die Erde am entferntesten von ihm ist oder der Stern nahe bei der Sonne erscheint, und so auch, daß die Länge durch eine Parallaxe Aenderungen leiden würde. PIAZZI berechnete die Zeiten, da die Parallaxe in der Deklination am größten und am kleinsten wird, und indem er zu diesen Zeiten beobachtete, glaubte er bei mehreren Sternen eine merkliche Parallaxe zu finden, wogegen aber spätere Beobachtungen, namentlich von BRADLEY und v. LINDENAU, die Parallaxe

<sup>1</sup> Mém. de l'Acad. de Paris. 1760. p. 292.

<sup>2</sup> S. Art. *Durchgang*.



als ganz unmerklich angeben. Von ZACH hat die verschiedenen Methoden, deren man sich bedienen könnte, beurtheilt und zugleich gezeigt, wie bisher durch alle sichere Beobachtungen immer mehr die Ueberzeugung bestätigt worden ist, daß diese Parallaxe unmerklich sey<sup>1</sup>.

Die einzelnen Bemühungen, die man in neuern Zeiten angewandt hat, um die Parallaxe der Fixsterne zu bestimmen, kommen schon im Art. *Fixsterne*<sup>2</sup> vor; in früherer Zeit hat schon TYCHO<sup>3</sup> gefunden, daß seine, freilich unvollkommenen, Beobachtungen des Polarsterns keine Parallaxe gaben. HOOK, FLAMSTEED, CASSINI, HORREBOW beschäftigten sich mit diesen Beobachtungen und der letztere glaubte eine Parallaxe gefunden zu haben<sup>4</sup>; aber man lernte schon bald nachher aus BRADLEY'S Beobachtungen der Aberration, daß die Parallaxe nicht merklich sey.

B.

## Parallaktisches Instrument.

*Instrumentum parallacticum; machine parallactique ou parallatique; parallactic Stands*<sup>5</sup>.

Unter dem Namen eines parallaktischen Instruments hat schon PROLEMAEUS ein Instrument angewandt, das zu genauen Höhenbestimmungen diene und durch diese die Parallaxe des Mondes zu bestimmen gebraucht werden sollte. Es bestand aus zwei gleichen Linealen, deren eines mit Dioptern versehen zum Visiren bestimmt war, während das andere mit einem Lothe vertical gestellt wurde. Eine eingetheilte Scale bildete die dritte Seite des gleichschenkligen Dreiecks. War nun die eine der gleichen Seiten vertical gestellt, die andere nach dem Gestirne gerichtet, so gab die Anzahl der auf der Scale abgeschnittenen Abtheilungen die Sehne des Abstandswinkels vom Zenith<sup>6</sup>.

Jetzt nennen wir diejenige Aufstellung eines Fernrohrs parallaktisch oder parallatisch, wo das Fernrohr so mit einer festen

1 Mon. Corr. XVIII. 407. XIX. 33. 234.

2 S. dieses Wörterb. Bd. IV. S. 326.

3 KEPLER Epit. astron. Cop. Lib. III. p. 493.

4 Copernicus triumphans. Hafn. 1737.

5 SCHUBERT schreibt: parallatische Maschine. Popul. Astronomie. I. S. 175.

6 SCHUBERT astr. théorique I. 203. MONTUGLA hist. I. 807.

Axe verbunden ist, daß es, einmal festgestellt, einen immer gleichen Winkel mit dieser Axe macht, während es um sie herumgeführt wird, daß es aber unter jedem willkürlichen Winkel gegen die Axe festgestellt werden kann. Jene feste Axe muß aufs genaueste der Weltaxe parallel gestellt werden und das so aufgestellte Fernrohr durchläuft dann eine Kegelfläche, deren Axe die Weltaxe ist; der im Mittelpuncte des Fadenkreuzes gesehene Gegenstand hat also einen immer gleichen Abstand vom Pole und das Instrument dient, um ein Gestirn, während es vermöge der täglichen Bewegung auf einerlei Parallelkreise fortrückt, zu verfolgen oder auch dasselbe, wenn man seine Deklination kennt, aufzusuchen. Die Bequemlichkeit dieser Einrichtung ist einleuchtend, da man, nachdem das Instrument einmal auf den richtigen Abstand vom Pole gestellt ist, selbst bei einem kleinen Sehelfelde nicht fürchten darf, den Gegenstand zu verfehlen, wenn man das Fernrohr bloß in der Richtung der täglichen Bewegung fortrückt.

Schon SCHEINER hat sich eines solchen Instruments, das er *instrumentum heliotropicum* nennt, bedient<sup>1</sup>. Neuere und vorzügliche Einrichtungen von SMEATON und DOLLOD beschreibt PEARSON<sup>2</sup>. Da ich in dem Art. *Heliameter* schon eine genaue Beschreibung und Abbildung der parallaktischen Aufstellung dieses Instruments gegeben habe, so halte ich es für unnöthig diese zu wiederholen. Jene von PEARSON beschriebenen Einrichtungen bieten eben keine Gelegenheit zu neuen Betrachtungen dar; die Smeaton'sche ist bloß für eine bestimmte Polhöhe angeordnet, bei den übrigen findet eine Stellung der Axe, andern Polhöhen gemäß, statt. B.

## P a r a l l e l k r e i s e .

### *Circuli paralleli; Parallèles; Parallels.*<sup>1</sup>

Die mit dem Aequator auf der Himmelskugel und auf der Erdkugel parallelen Kreise führen vorzugsweise diesen Namen. Am Himmel sind sie zugleich diejenigen, in welchen irgend ein Gestirn seine tägliche scheinbare Bewegung vollendet.

Auf der Erdkugel haben alle auf demselben Parallelkreise liegende Orte gleichen Abstand vom Aequator, also gleiche geo-

<sup>1</sup> 1 Rosa ursina, sive sol etc. (Bracciano 1626.) Lib. III. p. 347.

<sup>2</sup> 2 Introduction to practical Astronomy. Vol. II. p. 42.

graphische Breite. Der durch einen bestimmten Ort mit dem Aequator parallel gezogene Kreis heist dieses Ortes Parallelkreis.

Da diese Kreise immer kleiner werden, je mehr man sich dem Pole nähert, so wird, da sie dennoch in 360 Grade getheilt werden, jeder Grad auch um so kleiner. Es sey E ein Ort auf der Erdkugel, dessen geographische Breite  $BE = b$  ist, so ist offenbar  $EF = r \cdot \cos b$  der Halbmesser des durch E gehenden Parallelkreises DE und in eben dem Verhältnisse  $1 : \cos. b$ , wie der Halbmesser sich gegen den Halbmesser  $r$  der Erde verkleinert, werden auch die Grade des Parallelkreises DE kleiner. Fig. 23.

Eine Tafel über die Gröfse dieser Grade unter verschiedenen Breiten findet man im Art. *Erde*<sup>1</sup>. Der Name *Canon Apiani*, den man sonst den Tafeln über die Gröfse der Parallelkreise und ihrer Grade beigelegt hat, scheint wenig mehr in Gebrauch zu seyn; er kommt daher, dafs PETER APIANUS (BIERNITZ) eine solche Tafel mitgetheilt und die Grade der Parallelkreise in Meilen und Sechzigsteln der Meilen angegeben hatte<sup>2</sup>. Diese Gröfse der Grade auf den Parallelkreisen heist auch die Gröfse der Längengrade unter verschiedenen Breiten.

Die Parallelkreise werden von den Meridianen rechtwinklig geschnitten; sie gehn also von Osten nach Westen, und wenn man auf der Erde immer in dieser Richtung fortgeht, so bleibt man auf einem und demselben Parallelkreise. Die Polarkreise und Wendekreise sind zugleich Parallelkreise. B.

## Parallelstrahlen.

*Radii paralleli; Rayons parallèles; Parallel rays.* Lichtstrahlen, die mit einander parallel sind. Da die von einem einzigen Punkte ausgehenden und auf verschiedene Punkte eines und desselben Linsenglasses fallenden Strahlen CA, CB oder DA, DB desto weniger divergiren, je entfernter der leuchtende Punct C oder D ist, so sehn wir für sehr entfernte Punkte die von ihnen kommenden Strahlen als Parallelstrahlen an und sagen daher von einem Auge, das fernsichtig ist, es sehe nur da deutlich, wo es parallel auffallende Strahlen erhalte; dafs diese Fig. 24.

<sup>1</sup> S. dieses Wörterb. Bd. III. S. 935.

<sup>2</sup> Cosmographiae liber. Ingolst. 1524.

Strahlen nicht im strengsten Sinne parallel sind, versteht sich von selbst. Nach dem Durchgange durch ein convexes Glas werden diejenigen Strahlen genau parallel, die divergirend vom Brennpuncte des Glases auf dasselbe auffallen. *B.*

## Passagen-Instrument.

Durchgangs-Instrument, Mittagsfernrohr; *Instrumentum transitus*; Instrument des passages; *Transit-instrument*.

Ein Fernrohr, das in der Ebene des Meridians beweglich aufgestellt ist und daher dient, die Durchgänge der Sterne oder der Sonne durch den Meridian, mithin die Zeit der Culmination zu beobachten. Von dem bloßen Mittagsfernrohre fordert man nicht, daß auch die genaue Höhe des Gestirns im Mittage bestimmt werde, sondern hierzu dient der *Mittagskreis*; indess bedarf das Passagen-Instrument auch eines in der Mittagsfläche stehenden, wenn auch nicht überaus vollkommen getheilten Kreises, um das Fernrohr so zu richten, daß das zu beobachtende Gestirn durch das Feld des Fernrohrs gehe.

Römer hat zuerst dieses, nachher von den Astronomen mit so großem Beifalle aufgenommene, Instrument angegeben<sup>1</sup>. Der Zweck, den man dadurch erreichen will, ist, theils den Gang der Uhr zu prüfen und zu berichtigen, indem man Sterne, deren Rectascension genau bekannt ist, im Meridiane beobachtet, theils die Rectascension der noch nicht bestimmten oder neu erscheinenden Gestirne anzugeben.

## Beschreibung des Instruments.

Die wesentlichsten Theile des Instruments sind: ein Fernrohr, das senkrecht mit einer Axe verbunden ist, Unterstützungen, auf denen diese Axe ruht, und Mittel, um die genau richtige Stellung zu bewirken. Um dem Instrumente eine recht feste Aufstellung zu geben, werden die Pfeiler, auf welchen die beiden Enden der Axe des Instruments ruhn, sehr fest gegründet, um möglichst unveränderlich zu seyn. Bei dem Instrumente auf der Königsberger Sternwarte bestand der Haupttheil eines

<sup>1</sup> Miscellan. Berolinsens. III. 276.

jeden Pfeilers aus einem 70 Zoll hohen, 24 Zoll breiten, 15 Zoll dicken Granite und diese behauenen Granite ruhten auf einem grossen Granitblocke, der tief in der Erde völlig unerschütterlich zu liegen schien. Mit den Mauern des Gebäudes setzt man diese Pfeiler nicht in Verbindung. Bei der Schärfe, die unsere jetzigen Beobachtungen gestatten, bemerkte man aber dennoch an diesem Königsberger Instrumente eine theils im Fortgange der Zeit zunehmende, theils von der Wärme abhängige, ungleiche Aenderung der Lage<sup>1</sup>. Dafs das Instrument nicht in bedeutender Höhe über der Erde, auf hohen Mauern oder gar auf dem unsichern Fußboden eines obern Stockwerks aufgestellt werden darf, läßt sich hieraus schon übersehn, indem es in einer solchen Lage gewifs Schwankungen, die bei vollkommen genauer Beobachtung schon sehr groß genannt werden müßten, unterworfen seyn würde. Die Sicherheit der Aufstellung wird desto notwendiger, je vollkommener das Instrument ist, indem dasselbst die kleinsten, aus der Aufstellung entstehenden Fehler sichtbar werden. Was die verschiedenen Anordnungen der Aufstellung betrifft, so kommen diese zwar in den wesentlichsten Punkten überein, aber die Künstler haben doch bald auf eine, bald auf die andere Weise den einzelnen Instrumenten Vorzüge zu geben gesucht. Da ich bei diesen Einzelheiten nicht verweilen kann, so bemerke ich nur, dafs PEARSON sowohl das mit einem zehnfußigen Fernrohre von 5 Zoll Oeffnung versehene Passagen-Instrument in Greenwich von TROUTON, als auch das von CARY verfertigte in Moskwa umständlich beschreibt<sup>2</sup>, und begnüge mich, die Beschreibung eines kleinern Instruments von JONES, nach PEARSON's Anleitung und mit Beifügung einer Copie seiner Abbildung, hier mit-<sup>Fig. 25.</sup> zutheilen<sup>3</sup>. Diese Zeichnung stellt die wichtigsten Theile des Instruments mit vollkommener Deutlichkeit dar und schien mir daher vor andern Abbildungen einen Vorzug zu verdienen. Das Instrument kann noch zu den tragbaren gerechnet werden, obgleich es für ein Fernrohr von 48 Zoll Brennweite und 34

1 BESSEL's astron. Beobachtungen I. S. V.

2 PEARSON introduction to practical Astronomy II. 362. 366. Nachrichten von einem Reichenbach'schen Mittagsfernrohr, in Astr. Jahrb. 1822. S. 236.

3 PEARSON II. 818.

Zoll Oeffnung eingerichtet ist; es ist daher mit einem auf die Grundlage  $ab$  aufzusetzenden Gestelle versehen, dessen horizontaler Theil mit vier Schrauben, deren zwei  $w, w$  die Figur zeigt, richtig gestellt wird und dessen beide verticale metallne Säulen  $ef$ ;  $e'f'$  die Axe des Instruments tragen. Bei größern und für immer feststehenden Instrumenten nehmen die oben erwähnten Granitsäulen, an deren oberem Theile sich die Unterlagen der Axe befinden, die Stelle der Säulen  $ef$ ,  $e'f'$  ein. An dem obern Theile jeder dieser Säulen ist ein Y-förmiges Stück zum Auflegen der Axe befestigt; eine dieser Unterlagen gestattet eine horizontale Bewegung vermittelt einer Schraube, um der Axe die vollkommen genaue Richtung senkrecht gegen den Meridian zu geben, die andre eine verticale Aenderung, um die horizontale Lage der Axe zu berichtigen. Die Axe  $gg'$  besteht aus zwei kegelförmigen und einem mittlern hohlen Stücke, welches letztere die beiden Hälften des Fernrohrs aufnimmt. Hauptsächlich muß das Fernrohr mit vollkommener Genauigkeit seine optische Axe senkrecht gegen die Drehungs-Axe haben. Die Axe ist bei  $g$  mit einem über die Unterlage hinausgehenden Fortsatze versehen und ihr Mittelpunkt fällt zusammen mit dem Mittelpunkte eines senkrecht gegen sie befestigten Kreises, den die Figur nur im Seitenquerschnitte zeigt. Dieser eingetheilte Kreis dient, um das Fernrohr auf jede beliebige Höhe einzustellen und auch, so weit es die Größe und Genauigkeit der Theilung erlaubt, die Dienste eines Mittagskreises zu vertreten, nämlich die Höhe des culminirenden Gestirns anzugeben, wozu indeß das Instrument als bloßes Passagen-Instrument eigentlich nicht bestimmt ist. Da der Kreis mit der Axe und dem Fernrohr fest verbunden ist, so muß man die Schraube  $k$  lösen, wenn man das Fernrohr auf einen Gegenstand in bestimmter Höhe richten will, und diese Schraube hält das Fernrohr in seiner festen Stellung während der Beobachtung. Das Ablesen der Höhe geschieht mit Hülfe eines Vernier, dessen Index in genau verticaler Stellung befestigt ist. Dieser Vernier ist an dem auch in der Figur im Seitendurchschnitte sichtbaren, um die Axe  $gg'$  drehbaren, an der Ebene des Kreises, gleichsam wie eine Alhidade, anliegenden und einen Durchmesser desselben darstellenden Stücke befestigt; dieses wird, während Kreis und Fernrohr frei bleiben, durch die Schraube  $h'$  (oder beim Umlegen der Axe durch  $h$ ) festgestellt; und indem man nun

das Fernrohr mit dem Kreise vereinigt dreht, giebt die dem Index dieses Vernier entsprechende Anzahl von Graden auf dem Kreise die Zenithdistanz oder Höhe an, jenachdem die Numerirung der Grade am Kreise es mit sich bringt. Zur richtigen Stellung des Index dient die Schraube, auf deren Kopf man in der Zeichnung gerade aufsieht und deren Kopf neben  $h'$  kreisförmig zu sehn ist; es wird nämlich an einem gegen jene Alhidade senkrechten und fest mit ihr verbundenen Arme ein Niveau angehängt und durch die eben erwähnte Schraube zugleich der Index und das Niveau langsam fortgerückt, bis das Niveau genau einspielt; dann ist der Index berichtigt. Diese eben erwähnten Gegenstände glaubte ich nur zum Verstehn der einzelnen Theile der Figur erklären zu müssen und zu eben dem Zwecke führe ich auch an, daß man in der Figur zwei an der Alhidade befestigte Mikroskope zum Ablesen  $u$ ,  $v$  sieht; diese Theile werden insgesamt dann gebraucht, wenn man das Instrument als Mittagskreis anwendet, so daß ich deren Erwähnung im vorliegenden Falle übergehn könnte. Will man nämlich das Instrument bloß als Passagen-Instrument benutzen, so bedarf es, da es äquilibrirt in jeder Stellung ruht, der Feststellung nicht und auch die vollkommen scharfe Berichtigung des Index ist dann nicht so nöthig; ja der Index kann dann an dem Kreise anliegend mit ihm fortbewegt werden. Um aber die Axe horizontal zu stellen, dient das auf die richtige Weise an die Axe angehängte Niveau<sup>1</sup> und Schrauben, welche so lange berichtigt werden, bis das mit der Axe parallele Niveau  $xx$ , welches die Figur gleichfalls zeigt, horizontal steht. Die cylindrischen Enden, mit welchen die Axe aufliegt, müssen im strengsten Sinne cylindrisch seyn, damit bei der Drehung der Axe und der Stellung des Fernrohrs auf verschiedene Höhen die Horizontalität der Axe ungestört bleibe. Sie muß mit einer horizontalen Correction versehen seyn, damit man, wenn sie um etwas Geringes von der östlichen und westlichen Stellung abweicht, die Richtigkeit der Lage herstellen könne. Die Figur zeigt endlich noch die zur Erleuchtung der Fäden bestimmte Laterne am andern Ende der Axe, die durch die Höhlung der Axe ihr Licht auf die Fäden des Fernrohrs wirft. Bei  $o$  läßt sich ein Silberfaden einhängen, der durch ein in dem Metalle der Axe ange-

1 Vergl. Art. *Nivelliren*.

brachtes Loch herabhängt und durch die bei  $p$ ,  $q$  angebrachte Vorrichtung (ein Ocular, dem ein Merkmal, worauf der Faden einspielen muß, gegenübersteht) beobachtet wird, um auf eine andere Weise zu prüfen, ob das Fernrohr vertical ist, wenn der Index eine verticale Lage anzeigt. Wenn  $o$  auf der Vorderseite des Fernrohrs, nämlich auf der Seite, die in der Figur gerade vor dem Auge liegt, angebracht ist und ein Merkmal für das Einspielen des Lothes gehörig angebracht ist, so könnte dieses zum Nivelliren der Axe, jedoch nur beschränkt auf die verticale Stellung des Fernrohrs, dienen.

### Prüfung der richtigen Aufstellung.

Der Künstler muß das Passagen-Instrument so ausgeführt haben, daß die optische Axe des Fernrohrs senkrecht gegen die Drehungs-Axe ist. Um dieses zu prüfen, richtet man das gehörig mit der Axe aufliegende Instrument horizontal und beobachtet mit völliger Schärfe einen im Mittelfaden des Fernrohrs erscheinenden unbeweglichen Punkt; man legt alsdann die Axe um, so daß  $g$  da zu liegen kommt, wo so eben  $g'$  war, und beobachtet eben den Gegenstand. Bedeckt dann der Mittelfaden genau denselben Punkt, so ist das Fernrohr senkrecht gegen die Axe, im entgegengesetzten Falle muß die Hälfte des Fehlers an der Stellung der optischen Axe des Fernrohrs corrigirt werden. Die so berichtigte Stellung kann man dann auch, nach CARLWITZ's Bemerkung, durch den Polarstern prüfen, wenn man diesen bei seinem Durchgange in den ersten Fäden und im Mittelfaden beobachtet, dann aber die Axe umwendet und ihn nun in den folgenden Fäden beobachtet; da die jetzt zuletzt erreichten Fäden eben die sind, die der Stern früher zuerst erreichte, so müssen die Zwischenzeiten für die einzelnen Fäden vor und nach dem Antreffen an den Mittelfaden genau gleich seyn; das Gegentheil würde zeigen, daß die optische Axe des Fernrohrs eine kleine Berichtigung bedürfte.

Die Prüfung, ob die Axe horizontal ist, geschieht mittelst des Niveau's, indem man dieses an die Axe anhängt; ist die Axe nicht genau horizontal, so bringt man durch die an der einen Unterlage angebrachte feine Bewegung das Niveau zum Einspielen auf den richtigen Punkt; das Umlegen der Axe zeigt, bei Wiederholung derselben Operation, zugleich, ob das Niveau richtig ist und ob die Zapfen gleich sind. Wiederholt man eben



den Versuch bei verschiedenen Stellungen des Fernrohrs, so erhält man zugleich die Prüfung der richtigen Form der Axen.

Die richtige Aufstellung in Beziehung auf den Meridian muß man durch Beobachtung von Sternen prüfen. Man setzt hierbei voraus, daß die Uhr genau geprüft sey und als frei von Fehlern könne angesehen werden, und dann ist es offenbar, daß ein Stern, den man im obern und im untern Durchgange beobachtet, eine Zwischenzeit von genau 12 Sternstunden geben wird, wenn das Instrument im Meridiane steht, wogegen der Tagekreis des Sternes durch einen nach Osten oder Westen vom Meridiane abweichenden Verticalkreis in zwei ungleiche Hälften getheilt wird, also beide Culminationen im einen Falle zu kurze, im andern zu lange Zwischenzeiten geben. Kann man sich auf den Gang der Uhr nicht ganze 12 oder 24 Stunden lang verlassen, so ist folgende Methode besser. Man wählt zwei Sterne, die beide in ihrer obern und untern Culmination beobachtet werden können, deren Rectascensionen ziemlich nahe um  $180^\circ$  verschieden und zugleich genau bekannt sind. Man beobachtet nun nach einer wenigstens für diese kurze Zeit zuverlässigen Uhr die Zwischenzeit zwischen dem obern Durchgange des Sternes A und dem untern des Sternes B und eben die Beobachtung wiederholt man nach 12 Stunden für den obern Durchgang von B und den untern von A. Es ist klar, daß für ein Instrument, welches sich in einer ostwärts abweichenden Vertical-Ebene bewegt, die obern Durchgänge zu früh, die untern zu spät erfolgen und also der Fehler der Stellung offenbar wird<sup>1</sup>. Da man die Stellung gleich anfangs durch ganz gewöhnliche Mittel ziemlich nahe richtig erhalten kann, so bedarf es dann nur derjenigen kleinen Correction in horizontaler Richtung, wozu die Axe des Instruments eingerichtet ist.

Bei den größern und schweren Instrumenten dieser Art ist es nothwendig, die auf die Unterlagen der Axe drückende Last zu vermindern, um dadurch die Reibung kleiner zu machen und auch das bei langem Gebrauche in einigem Grade eintretende Abnutzen der Axe zu hindern. Dazu dienen schicklich angebrachte Gegengewichte, die für jedes Ende der Axe sich an ei-

---

<sup>1</sup> Ein Verzeichniß von Sternen, die sich hierzu eignen, giebt Bonn Astr. Jahrb. 1816. S. 242. Ueber andre zu diesem Zwecke führende Mittel s. v. ZACH's Mon. Corr. III. 844.

nem Hebel, dessen Hypomochlium auf dem Pfeiler liegt, an der äußern Seite des Pfeilers befinden, während der andre Arm des Hebels eine an der innern Seite des Pfeilers liegende, die Axe unterstützende Unterlage trägt. Auch die Biegung des Fernrohrs muß der Künstler bei Instrumenten, die so große Genauigkeit geben sollen, zu hindern suchen. Zu diesem Zwecke hat TROUGHTON an dem Passagen-Instrumente in Greenwich metallene Verbindungsstücke, die unter  $45^\circ$  gegen Axe und Fernrohr geneigt sind, angebracht, damit die Biegung wenigstens kein Abweichen von der rechtwinkligen Lage des Fernrohrs gegen die Axe hervorbringen könne. Diese Verbindungsstücke sind es, die WOODHOUSE Veranlassung gaben, die Abweichung zu untersuchen, welche aus ungleicher Erwärmung einzelner Theile des Instruments hervorgehn könnten und bei seinem Instrumente wirklich hervorgingen<sup>1</sup>; aber SOUTH'S Beobachtungen scheinen zu ergeben, daß die ungleiche Erwärmung durch die Sonne bei dieser Einrichtung keine merklichen Fehler hervorbringe, und PEARSON äußert sich mißbilligend über WOODHOUSE'S Verfahren, *to torture the instrument by wrapping the opposite braces in heated flannel and exposing the others naked to the cold air*. Indefs zeigen BESSEL'S genaue Beobachtungen<sup>2</sup>, daß man diese Einwirkung der Sonnenstrahlen doch nie aus den Augen lassen darf und daher das Instrument gegen dieselben beschirmen muß. Nimmt man aber auf alle diese Umstände gehörige Rücksicht, so läßt sich die Rectascension eines Sternes mit großer Genauigkeit durch das Passagen-Instrument finden. WALBECK giebt den wahrscheinlichen Fehler nach Beobachtungen in Dorpat im Aequator nur zu 0,4 Raumsecunden an und für größere Deklinationen noch geringer<sup>3</sup>.

Das Bisherige bezog sich auf diejenigen Anwendungen des Passagen-Instruments, zu denen es eigentlich bestimmt ist;

1 Phil. Transact. for 1825. II Part. p. 418. 1826. II. P. p. 75. 1827. p. 144.

2 BESSEL'S astr. Beob. V. S. II.

3 Astr. Jahrb. 1823. S. 188. Daß, wenn nicht von relativer Uebereinstimmung, sondern von absoluter Richtigkeit die Rede ist, die aus individueller Ungleichheit in der Beobachtung entstehende Unsicherheit zu berücksichtigen sey, verdient hier beiläufig erwähnt zu werden. BESSEL'S astron. Beob. VIII. S. I.

bei andern Anwendungen glaube ich hier nicht lange verweilen zu dürfen, sondern werde nur kurze Andeutungen mittheilen und Nachweisung zu weiterer Belehrung geben. **BESSEL** nämlich hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß man dieses Instrument in einer Aufstellung, bei welcher die Drehungs-Axe im Meridiane liegt, das Fernrohr also sich in einem östlich und westlich liegenden Verticalkreise bewegt, und zu Bestimmung der Polhöhe anwenden könne. Ich glaube dieses am kürzesten deutlich zu machen, wenn ich die Lage der Ebene, in welcher das Fernrohr sich bewegt, als ganz genau vertical und als ganz genau senkrecht auf den Meridian voraussetze; alsdann nämlich geben die beiden Durchgänge des Sternes, der östliche und westliche, eine Zwischenzeit, die uns den südlich vom Zenith abgeschnittenen Theil des Tagekreises dieses Sternes kennen lehrt und folglich, mit Hülfe der genau bekannten Deklination des Sternes, die Polhöhe zu finden dient; umgekehrt kann man die Deklination des Sternes finden, wenn die Polhöhe genau bekannt ist. Diese Methode, die Polhöhe zu bestimmen, ist von **SCHUMACHER**, **HANSEN**, **STRAUVE** und **BESSEL** selbst mit Vortheil angewandt worden. Sie hat übrigens Veranlassung zu genauen Untersuchungen über den Fall, wo theils die Aufstellung nicht vollkommen genau, theils das Fernrohr nicht vollkommen senkrecht auf die Axe ist, gegeben und **BESSEL** sowohl als **HANSEN** haben durch diese Untersuchungen die Theorie des allgemeinen Gebrauchs des Passagen-Instruments sehr erweitert<sup>1</sup>.

B.

## P e d o m e t e r.

Die ältern *Schrittzähler*, unter denen der von **HOHLFELD** angegebene wohl entschieden den Vorzug hat, sind bereits oben<sup>2</sup> beschrieben worden. Kürzlich hat der Uhrmacher **W. PAYNE** in London ein neues Taschen-Pedometer erfunden und patentisiren lassen, welches beim Gehen, Reiten und Fahren in der Tasche getragen wird. Ein Pendel in demselben soll dann bei jeder Bewegung oscilliren und durch seine Schwingung das mit ihm verbundene Rad um einen Zahn fortschieben, so daß des-

1 **SCHUMACHER's** astr. Nachr. III. No. 49. V. Nr. 126, 138. 141.

2 Art. *Hodometer* Bd. V. S. 271.

sen Zeiger die Einheiten anzeigt, während die eiger der mit ihm verbundenen Räder die Vielfachen nach bekannten Gesetzen zählen. Es scheint mir jedoch nicht, daß auf diese Weise die Summe der Schritte mit Sicherheit zu erhalten sey. M.

## P e n d e l.

*Pendulum, Funependulum; Pendule; Pendulum.*

Das Wort *Pendel* ist aus dem Lateinischen (*pendere*, herabhängen) entnommen und bezeichnet zunächst jeden herabhängenden Körper. Mit dem Begriffe des Herabhängens verbindet man zugleich einen andern, nämlich den des Befestigseyns in irgend einem Punkte, von welchem derselbe dann auf eine solche Weise herabhängt, daß er um diesen beweglich ist. Beim Vorhandenseyn dieser Bedingung wird der Körper in Folge der unablässig auf ihn einwirkenden Schwere so herabhängen, daß eine durch den Aufhängepunkt und den Schwerpunkt gehende gerade Linie, bis zur Horizontal-Ebene verlängert, mit letzterer bloß rechte Winkel bildet, welche Linie zugleich die *Falllinie* genannt wird, weil er in dieser zu fallen das Bestreben äußert. Wird der Körper durch irgend eine Kraft so bewegt, daß die genannte Linie, welche zugleich die lothrechte oder verticale heißt, mit der Horizontal-Ebene ungleiche Winkel bildet, so muß nach dem Aufhören der Wirkung dieser Kraft der Körper durch die stets wirkende Schwere in seine ursprüngliche Lage wieder zurückkehren oder sein Schwerpunkt wird bis zur größtmöglichen Tiefe wieder herabsinken; indem er aber hiernach in Bewegung gesetzt ist, so kann er vermöge der Trägheit in dieser Lage nicht augenblicklich beharren, sondern muß nach der entgegengesetzten Seite mit der erlangten Fallgeschwindigkeit wieder aufsteigen, bis die Wirkung der Trägheit erschöpft ist. Aus diesen elementaren Gesetzen folgt also, daß ein solcher herabhängender Körper, das Pendel, im Zustande der Ruhe diese lothrechte oder verticale Linie anzeigt, sobald sein Schwerpunkt und Aufhängepunkt gegeben ist, welches am einfachsten im sogenannten *Senkel* geschieht, einem an einem dünnen Faden herabhängenden schweren Körper, wobei der Faden die Richtung der genannten Linie bezeichnet, und daß ein einmal in Bewegung gesetztes und dann sich selbst überlassenes Pendel so lange hin und her in einer beliebigen

Ebene oscillirt, bis die Hindernisse der Bewegung es zum Stillstande bringen.

Das Pendel kommt unter beiden angegebenen Modificationen häufig in Anwendung. Als bloß herabhängend zur Auffindung der Verticallinie oder Falllinie besteht dasselbe am einfachsten und zweckmäßigsten aus einem Stücke Blei an einem feinen, aber zum Tragen hinlänglich starken Faden, welche Einrichtung so gemein ist, daß ein solcher Apparat schlechthin das *Loth* oder auch das *Bleiloth* und das Suchen der verticalen Linie das *Lothen*, *Ablothen*, so wie die Herstellung der horizontalen Ebene vermittelt desselben das *Abbleien*, *ins Blei-Lagen* genannt wird<sup>1</sup>. Statt des Bleies nimmt man jedoch selbst für gemeine technische Instrumente zuweilen messingne Kugeln, für physikalische und mathematische Instrumente geschieht dieses allezeit, und zugleich läuft dann die Kugel unten in eine Spitze aus, um durch diese genauer den Punkt zu bestimmen, wo die verlängerte Falllinie die Oberfläche der Erde trifft. Bei astronomischen Werkzeugen, namentlich großen Sektoren, giebt ein gemeiner Faden die Verticallinie für die erforderliche Genauigkeit nicht hinlänglich scharf und wird daher mit einem feinen Metallfaden, meistens einem Silberfaden, vertauscht, und weil die Lothe außerdem durch die geringfügigsten Ursachen leicht in Schwankungen versetzt werden, aus diesen aber nur langsam zur völligen Ruhe kommen, so senkt man das Gewicht in ein Gefäß mit Wasser herab, damit der Widerstand dieser Flüssigkeit die Schwingungen vermindert oder ganz aufhebt.

Von ungleich größerer Wichtigkeit und weit zahlreichern Anwendungen ist das Pendel in seiner zweiten angegebenen Modification, nämlich insofern dasselbe als schwingend betrachtet wird, und wenn die Theorie und praktische Anwendung von jenem in den wenigen hieüber so eben mitgetheilten Zeilen, ziemlich vollständig enthalten ist, so erfordert dieses für das Letztere sehr ausführliche und mitunter schwierige Untersuchungen. Zunächst betrachtet man nämlich zwar bloß die Schwere als diejenige Kraft, welche den aus der angegebenen verticalen Linie hinausgerückten Körper wieder in dieselbe zurückzieht, worauf er dann nach dem Gesetze der Trägheit in der erhaltenen Be-


1. Uebereinstimmend hiermit sind die französischen Ausdrücke: *Plomb*, *Aplomb*, *Plomber*, *prendre l'aplomb*.

wegung beharrt, bis die entgegenwirkende Schwere die letztere wieder aufhebt, woraus die bekannten *Pendelschwingungen* von selbst folgen; allein es ist klar, daß eben solche Schwingungen auch in allen denjenigen Fällen entstehen müssen, wenn ein durch irgend eine Kraft in einer bestimmten Lage festgehaltener und zur Ruhe gebrachter Körper durch irgend einen hinzukommenden Impuls aus dieser seiner Lage gerückt wird, worauf dann jene zugleich stetig wirkende und daher eine beschleunigte Bewegung erzeugende Kraft den Körper wieder in seine ursprüngliche Lage mit beschleunigter Geschwindigkeit zurückzieht, und die Wirkung der Trägheit, vermöge deren er über diese hinaus nach der entgegengesetzten Seite getrieben wird, allmählig verschwinden macht. Hiernach sind also die Schwingungen von Stäben, die vermöge ihrer Starrheit in ihrer Richtung zu verharren streben, von Saiten, die durch Gewichte oder spannende Kräfte gerade gezogen werden, kurz alle diejenigen elastischen Körper, die zur Erzeugung des Schalles dienen, namentlich auch die longitudinalen und die durch Drehung von Cylindern um ihre Axe entstehenden, die Oscillationen von Ringen und Scheiben, die eine Feder zunehmend stärker bis zu einem gewissen Grade spannen und durch diese wieder rückwärts gezogen werden, selbst auch die abwechselnden dertropfbaren Flüssigkeiten in communicirenden Röhren u. s. w. sämmtlich pendelartig und lassen sich insgesamt auf die Pendelgesetze zurückführen. Aus der angegebenen großen Mannigfaltigkeit der Anwendungen folgt dann von selbst, daß man die allgemeinen Gesetze der Pendelschwingungen zuvörderst in ihrer einfachsten Gestalt aufsuchen und demnächst auf die mehr zusammengesetzten Erscheinungen anwenden müsse.

### A. Einfaches oder mathematisches Pendel.

Ein einfaches oder mathematisches Pendel muß nach den angegebenen Bestimmungen aus einem schweren oder durch irgend eine Kraft getriebenen Punkte bestehn, welcher an einer nicht körperlichen, also nicht selbst durch die allen Körpern eigenthümlich zugehörnde Schwere oscillirenden Faden so befestigt ist, daß er um einen unbeweglichen Punkt die pendelartigen Schwingungen macht. Hiernach ist also ein solches Pendel eben so wenig in der Wirklichkeit darstellbar, als der mathematische Hebel, und man bedient sich desselben bloß dazu, um

die Gesetze der Pendelschwingungen ohne Rücksicht auf die aus der physischen Beschaffenheit der Körper hervorgehenden Hindernisse in größter Allgemeinheit rein darzustellen. Aus dieser Ursache darf namentlich der Faden nicht als aus körperlicher, also schwerer, Masse bestehend betrachtet werden, weil sonst jedes einzelne Element desselben um den gemeinschaftlichen Schwingungspunct oscillirend anzusehn wäre und bei der Demonstration als solches berücksichtigt werden müßte. Man kommt einem solchen am nächsten durch eine an einem dünnen Faden hängende Kugel, wobei die Schwere die bewegende Kraft ist, die ganze schwere Masse des Körpers in einem einzigen Puncte vereinigt gedacht und der tragende Faden als nicht schwer vorgestellt wird; eines solchen bedient man sich daher zur Demonstration der Pendelgesetze.

Die Gesetze der Pendelschwingungen lassen sich auf eine sehr einfache und elementare Weise anschaulich darstellen, wenn man sie aus den Fallgesetzen eines Körpers auf der geneigten Ebene ableitet. Ist nämlich die Kugel  $a$  an dem Faden  Fig. 26.  $ca$  im Puncte  $c$  befestigt, so würde sie im Zustande der Ruhe sich in  $a$  befinden. Hebt man sie bis nach  $\alpha$ , so liegt ihr Schwerpunkt höher über der horizontalen Ebene, wird also vermöge der Schwere herabsinken und bis nach  $a$  gelangen, woselbst sie mit dem Maximum der Geschwindigkeit ankommt, weil der Fall eines Körpers allezeit mit beschleunigter Geschwindigkeit geschieht; sie kann aber vermöge der Trägheit in  $a$  nicht sofort ruhen, sondern wird nach der entgegengesetzten Seite wieder aufsteigen. Weil aber die Geschwindigkeit, womit sie in  $a$  ankam, vermöge der Einwirkung der Schwere durch den Fall von  $\alpha$  bis  $a$  erzeugt ist und sie in Folge dieser erlangten Geschwindigkeit so lange wieder aufsteigt, bis diese durch die Gegenwirkung der Schwere wieder verschwindet, so müssen die durchlaufenen Räume an beiden Seiten einander gleich seyn; die Kugel wird also in  $a'$  wieder zur Ruhe kommen, wenn  $aa' = a\alpha$  ist, muß dann auf gleiche Weise von  $a'$  wieder herabfallen, bis sie wieder in  $a$  anlangt, und somit, ohne ein vorhandenes Hinderniß dieser ihrer Bewegung, ohne Aufhören zwischen  $a$  und  $a'$  hin und her oscilliren. Man nennt dann den Weg von  $a$  bis  $a'$  eine *halbe Oscillation*, einen *halben Schwung*, eine *halbe Schwingung*, von  $a$  bis  $a'$  aber einen *einfachen Schwung*, gewöhnlicher eine *einfache Schwingung*.

Da das Pendel hiernach als ein fallender Körper betrachtet wird, so muß sich für ihn das Verhältniß zwischen den Zeiten des Fallens und den durchlaufenen Räumen auffinden lassen, welches auf folgende einfache Weise geschehn kann. Verbindet man die Punkte  $\alpha\alpha$  und  $\alpha'a$  durch gerade Linien und denkt man die Kugel auf diesen fallend, so ist damit der Fall auf der geneigten Ebene gegeben. Die Fallgesetze der Körper auf der geneigten Ebene sind aber bereits oben<sup>1</sup> abgehandelt worden, sie werden am leichtesten auf das rechtwinkelige Dreieck zurückgeführt, wobei die Hypotenuse die geneigte Ebene bildet, und es folgt aus ihnen unmittelbar, daß jeder fallende Körper in eben der Zeit auf der Kathete  $ba$  herabfällt, in welcher er in der Richtung der Hypotenuse  $da$  lothrecht herabfallen würde. Die allgemeine Formel für den freien Fall der Körper giebt aber  $s = gt^2$ , wenn  $s$  den durchlaufenen Raum,  $t$  die Zeit und  $g$  den Fallraum eines Körpers in einer Secunde bezeichnet<sup>2</sup>, und wenn daher statt des Raumes  $= s$  die doppelte Länge des Pendels  $= 2l$  gesetzt wird, da  $ac = cd = cb$ , also der Länge des Pendels gleich ist, so folgt, daß für den halben Schwung des Pendels  $2l = gt^2$  seyn muß, also für den einfachen Schwung des Pendels  $t = 2\sqrt{\frac{2l}{g}}$ . Allein die hierbei angenommene Voraussetzung, daß nämlich der schwere Körper auf der Chorde  $ba$  herabfalle, findet in der Wirklichkeit nicht statt, vielmehr fällt er durch einen Theil des Kreisbogens. Man übersieht nun zwar leicht, daß die Chorde um so weniger von dem ihr zugehörigen Bogentheile verschieden seyn müsse, je kleiner sie ist, und da der aufgestellte Hauptsatz für jedes rechtwinkelige Dreieck gilt, dessen Hypotenuse  $ad$  ist, so könnte man das Bogentheile  $ba$  oder den halben Schwung des Pendels beliebig klein nehmen, um den Unterschied desselben von der Chorde verschwinden zu machen; allein eines Theils bleibt dieses allezeit nur eine Näherung, die man bei einem so feinen Instrumente, als das Pendel ist, zu vermeiden suchen muß, andern Theils sind so kleine Schwingungen des Pendels schwer zu beobachten, dauern nicht lange genug und das Pendel überwindet bei ihnen minder leicht die sonstigen Hindernisse seiner Bewegung.

1 Bd. III. S. 66.

2 S. oben Bd. IV. S. 6.



Soll demnach der hieraus entspringende Fehler vermieden werden, so muß man den schweren Körper des Pendels als einen auf vorgeschriebenem Wege fallenden betrachten und hiernach die Verhältnisse aufsuchen, in welchen die Schwingungszeiten, die Längen des Pendels, die Größe der Schwingungsbögen und die durch die Schwere gegebenen Fallräume mit einander stehn, welches nur durch höhere Rechnungen zu geschehn pflegt<sup>1</sup>. Indem aber diese Untersuchungen oben<sup>2</sup> bereits in genügendem Umfange mitgetheilt worden sind und dabei zugleich nicht bloß auf die Schwingungen gewöhnlicher Pendel durch Bogentheile des Kreises, sondern auch des *Cykloidalpendels* durch Bogentheile der Cykloide Rücksicht genommen worden ist, so genügt es hier, auf jene zu verweisen, und ich beschränke mich daher bloß zur Bequemlichkeit auf die Mittheilung der dort gefundenen allgemeinen Gleichung zwischen den genannten Größen, wonach für die Zeit =  $t$ , die Länge des Pendels =  $l$ , den Fallraum eines Körpers im leeren Raume und im Niveau des Meeres =  $g$ , den Elongationswinkel des Pendels oder den Winkel, welchen die Linie desselben bei ihrer größten Entfernung von der verticalen mit dieser bildet, =  $\alpha$  und das Verhältniß des Kreises zum Durchmesser =  $\pi$  die Zeit des einfachen Schwunges

$$t = \frac{1}{2}\pi \left( 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{\text{Sin. vers. } \alpha}{2l} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \left(\frac{\text{Sin. v. } \alpha}{2l}\right)^2 + \dots \right) \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

ist. Auch hieraus geht hervor, daß für sehr kleine Bögen derjenige Factor, welcher die einfache Potenz des Sin. vers. enthält, eine nicht merkliche Größe giebt, daß aber die höheren Potenzen desselben, auf jeden Fall die im mitgetheilten analytischen Ausdrücke nicht mit aufgenommenen, füglich vernachlässigt werden können. Läßt man alle Glieder der unendlichen, aber schnell convergirenden Reihe weg, so erhält man die einfache Formel  $t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2l}{g}}$ , und aus einer Vergleichung dieser mit der oben gefundenen ergibt sich das Verhältniß der Zeit eines im Kreisbogen und eines auf der Chorde fallenden Körpers =  $\frac{\pi}{2} : 2$

1 Eine elementare Demonstration dieses Satzes giebt unter andern KULIK in Wiener Zeitschrift. I. 837.

2 Bd. IV. S. 18 bis 23.

oder im genäherten Werthe  $1,5708 : 2$ , woraus also hervorgeht, daß ein Körper beim Falle durch eine Curve weniger Zeit gebraucht, als auf der ihr zugehörigen Chorde.

### B. Zusammengesetztes oder physisches Pendel.

Die für die Construction des einfachen mathematischen Pendels angenommenen Bedingungen sind in der Wirklichkeit unerreichbar; es giebt also ein solches Pendel überall nicht. Weil es aber zugleich das einzige absolut richtige ist, so hat man sich bemüht, die Abweichungen der möglichen physischen Pendel zu berechnen und dadurch die letzteren auf das erstere zurückzuführen. Eine nähere Angabe dieser Reductionen wird zeigen, daß sie für manche Pendel allzuschwierig und mühsamer sind, als daß der hieraus zu ziehende Vortheil den erforderlichen Aufwand belohnen sollte; man beschränkt sich daher nur auf solche Pendel, welche mit vorzüglicher Genauigkeit construiert für schärfere Messungen bestimmt sind, und begnügt sich bei allen andern mit empirisch oder nur in genähertem Werthe gefundenen Größen, z. B. bei den gemeinen Uhrpendeln oder solchen, durch die gewisse Maschinen in regelmässige Bewegung gesetzt werden. Folgendes sind die vorzüglichsten Constructionen der physischen Pendel.

a) Eine Kugel, und in seltnern Fällen, wenn besondere Umstände dieses erfordern, ein Cylinder oder ein aus zwei mit ihren Grundflächen verbundenen Kegeln bestehender Doppelkegel wird an einem Faden aufgehangen. Man nimmt zur Masse dieser schweren Körper der Pendel meistens eine Kugel von Messing, weil deren Durchmesser leichter mit der erforderlichen Schärfe bestimmt werden kann, für schlechtere Apparate Blei, in seltnen Fällen Platin und für specielle Untersuchungen auch wohl Elfenbein oder Holz. Der Durchmesser dieser Kugeln, Cylinder oder Doppelkegel kann von etwa 0,5 bis 2 Zoll verschieden seyn. Der Faden besteht für feinere Versuche aus Metall (Stahl, Silber, Kupfer, Messing, Platin), für gewöhnliche aus Seide oder Leinen; die französischen Akademiker nahmen bei ihren Messungen unter dem Aequator einen Aloë-Faden.

b) Eine einfache, gleichmäÙig dicke, runde, vierkantige, oder sonst willkürlich gestaltete, gerade Stange wird zwar selten und meistens nur bei Thurmuhren als Pendel verwandt, in-

zwischen ist es nicht überflüssig, auch diese Construction, ihrer Einfachheit wegen, hier zu erwähnen.

c) Die gebräuchlichsten Pendel bestehn aus einer mehr oder minder schweren Linse an einer Stange. Letztere ist nur des geringeren Preises wegen bei den schlechtesten Uhren rund, in allen andern Fällen schon zur Bestimmung der Richtung, in welcher die auf derselben verschiebbare Linse schwingt, stets kantig. Für genaue Pendel wird das Material und die Form durch anderweitige, später zu erörternde, Bedingungen bestimmt. Dem an ihr hängenden schweren Gewichte giebt man die Linsenform, damit bei den Oscillationen die Luft weniger Widerstand leiste; allein dieses beruht hauptsächlich auf einem alten Vorurtheile, indem bei Uhrpendeln das hieraus erwachsende Hinderniß als constante, durch wechselnde Dichtigkeit der Luft nur unmerklich sich verändernde, Gröfse corrigirt werden muß und die neuesten Quecksilberpendel auch durch die Erfahrung die Tauglichkeit der Cylinderform bei den Gewichten der Pendel bekrunden. Nebenbei ist übrigens die Linsenform für diesen Zweck eine der gefälligsten und den übrigen Theilen der Apparate am angemessensten, weswegen sie mit Recht beibehalten wird. Das Gewicht solcher Linsen ist oft beträchtlich groß und beträgt von 0,5 bis zu 50 Pfd. und darüber, bei den Uhren namentlich deswegen, damit der Impuls, welchen das Pendel bei jeder Schwingung durch das Uhrwerk erhält, um es fortdauernd schwingen zu machen, die Regelmäßigkeit der Oscillationen nicht aufhebe. Unter die Classe der Pendel, welche aus einem schweren Gewichte an einer Stange bestehn, kann man ferner alle diejenigen Vorrichtungen aufnehmen, welche zum Heben von Lasten oder zur Bewegung von Maschinen benutzt werden, z. B. die Schwengel an den Pumpbrunnen, die pendelartigen Hebel bei manchen Keilpressen, und es ist mindestens sehr wahrscheinlich, daß manche Maschinen, welche durch die Kraft der Menschen mittelst der Kurbel bewegt werden, vortheilhafter mittelst solcher Pendel bewegt werden könnten. Endlich gehören hierher auch die bereits<sup>1</sup> beschriebenen Centrifugal- oder konischen Pendel, welche aus einem sphäroidischen Gewichte an einer meistens runden Stange bestehn und mit ihrem untern Ende einen Kreis in der horizontalen Ebene beschreiben.

1 Oben Bd. II. S. 83.

d) Unter die in den neuesten Zeiten am häufigsten zu den feinsten Messungen gebrauchten Pendel gehört das durch CART. KATER erfundene und nach ihm benannte Kater'sche *Reversionspendel*, sonst auch unveränderliches Pendel genannt, weil man beim Gebrauche desselben an verschiedenen Orten der Erde die Länge desselben unverändert läßt und die absolute Länge des einfachen Secundenpendels für die gegebenen Orte aus der genau beobachteten Zahl der Schwingungen berechnet. Die nachfolgenden Untersuchungen werden nämlich zeigen, daß die Reduction des physischen Pendels auf das einfache oder mathematische und somit also die Bestimmung der absoluten Länge des letzteren aus dem ersteren nicht bloß höchst schwierig, sondern mit der hierfür erforderlichen Schärfe fast unmöglich ist. Als daher CART. KATER<sup>1</sup> von der Kön. Societät in London den Auftrag erhielt, diese genannte Bestimmung mit größter Schärfe aufzusuchen, weil man das englische Fundamentalmaß auf diese Größe zu gründen beabsichtigte, so erfand er nicht nur dieses Reversionspendel, sondern führte es auch sofort in einem hohen Grade der Vollkommenheit aus und bewährte die Brauchbarkeit desselben durch eine bedeutende Reihe sehr genauer Beobachtungen, so daß es also mit Recht nach ihm genannt zu werden verdient, obgleich v. BOHNENBERGER<sup>2</sup> schon früher auf den Gebrauch desselben aufmerksam gemacht hat.

---

1 Phil. Trans. 1818. p. 33 ff.

2 Astronomie von J. G. F. BOHNENBERGER. Tüb. 1811. S. 443. BOHNENBERGER theilt an dieser Stelle nicht bloß die Theorie dieses Pendels mit, die er einfach aus den durch HUYGENS (Hugenii horol. oscill. P. IV. prop. XX) aufgestellten Hauptsätzen ableitet, sondern giebt auch die Construction und den Gebrauch eines solchen Pendels vollständig an, so daß er hiernach der Erfinder desselben genannt werden könnte. Es ist indeß völlig erwiesen, daß KATER bei seiner gänzlichen Unkunde der deutschen Sprache hiervon durchaus nichts wußte und also aufs Neue der eigentliche Erfinder zu nennen ist, um so mehr, als die unmittelbare praktische Anwendung desselben ihm hierauf ein Recht giebt. Daß PRONY keine Ansprüche auf die Ehre dieser Erfindung habe, hat KATER selbst Phil. Trans. 1818. p. 35 nachgewiesen. Vergl. BOHNENBERGER in: Naturwissenschaftliche Abhandlungen. Tüb. 1826. S. 12. BAILY in Phil. Mag. and Ann. of Phil. T. V. p. 97, wo die durch PRONY in Leçons de mécanique analytique T. II. p. 304 angegebene Construction eines Pendels mit 8 Messerschnitten näher erläutert wird. PASQUICH in Mon. Cor. XII. 137.

Zur Construction eines Reversionspendels gelangt man durch sehr einfache Mittel. Eine möglichst gleichförmig gearbeitete Stange AB (ohne das bewegliche Gewicht n) werde an zwei Puncten mit zwei gleichen Messerschneiden C und c versehen, deren Schneiden in der Axe der Stange liegen, während ihre entgegengesetzten Grundflächen einander parallel sind. Will man im Voraus den Abstand beider Messerschneiden von einander so bestimmen, daß das Pendel ein richtiges Reversionspendel ist, so muß zuerst nur die eine derselben angebracht, alsdann mittelst einer kleinen schweren, an einem möglichst dünnen Faden aufgehängenen Kugel die Länge des gleichzeitig mit der auf der einen Messerschneide schwingenden Stange oscillirenden (einfachen) Pendels aufgefunden werden, und diese giebt dann den Abstand beider Messerschneiden von einander. Aus der Natur des Pendels folgt dann, daß das Stangenpendel, wenn es auf der Messerschneide C ruht, demnächst umgekehrt und auf der Messerschneide c aufgehängt wird, beidemale in gleichen Zeiten oscillirt. Findet nämlich die Oscillation um die Schärfe der Messerschneide C statt, so liegt der Schwingungsbogen in der Schärfe der andern c, beide müssen daher bei der Umkehrung des ganzen Pendels verwechselt werden und der Abstand beider von einander giebt daher einfach die Länge des mathematischen Pendels. Leichter ist es, wenn man noch oben drein zugleich ein genaues Secundenpendel herstellen will, die Stange etwa 12 bis 15 Zolle länger zu machen, als die Länge des einfachen Secundenpendels beträgt, die eine Messerschneide nahe am einen Ende, die andere einige Zolle weiter entfernt, als die Länge des Secundenpendels beträgt, anzubringen, vermittelst eines feinen Lothes durch Wegnehmen von der Stange an der einen oder der andern Seite diese so herzustellen, daß beide Schneiden genau in die verticale Ebene fallen, alsdann das cylinderförmige Gewicht n anzubringen und das auf der Messerschneide C schwingende Pendel durch Verschiebung oder benöthigten Falls auch Veränderung des Cylinders n und Abnahme des untern Endes der Stange<sup>1</sup> zu einem genauen Secundenpendel zu machen, worauf sich zeigen wird, daß es nach der Umkehrung in gleichen Zeiten schwingt, und es giebt

<sup>1</sup> Dieses bringt auch BAILEY in Vorschlag. S. Phil. Mag. and Ann. of Phil. T. IV. p. 187.

dann der Abstand beider Schürfen von einander genau die Länge des einfachen Secundenpendels, wenn dabei die später zu erörternden Reductionen angebracht werden.

Nach diesen allgemeinen Principien construirte KATER das gleich anfangs von ihm gebrauchte Reversionspendel, wonach später eine Menge andere von unveränderlicher Länge für die feinsten Messungen verfertigt worden sind. Dasselbe besteht Fig. 29. aus einer Messingstange  $a-b$ , in welche zwei dreieckige Löcher zum Durchstecken der Messerschneiden  $\alpha$ ,  $\beta$  in einem Abstände von 39,4 Zoll geschnitten sind. Ueber denselben, die obere Seite des Loches genau berührend, befinden sich an jedem Ende zwei messingne Platten  $m-n$ ,  $m'-n'$ , 6 Zoll lang, angeschraubt, zwischen denen die Messingstange noch zwei Zolle hervorragt, in den Raum der übrigen 4 Zolle sind zwei 17 Zoll lange hölzerne Stäbe  $g-h$ ,  $g'-h'$  befestigt, an deren Enden feine Fischbeinstäbchen  $l$  und  $l'$  hervorragen. Das messingne Gewicht  $p$ , ein Cylinder von 3,5 Zoll Durchmesser, 1,25 Z. Höhe und 2 Pfd. 7 Unzen Gewicht, ist auf die Stange geschoben und durch einen konischen Stift unbeweglich festgesteckt. Noch zwei andere kleine Gewichte  $v$  und  $w$  sind auf der Stange beweglich und durch eine Oeffnung des größern kann die Eintheilung auf dem Stabe abgelesen werden, um seinen Abstand von der Mitte genau zu bestimmen. Die Messerschneiden des ersten Pendels sind von Wootz gemacht, die spätern werden aus hartem Gussstahl verfertigt; sie ruhn gewöhnlich in den Einschnitten  $a$ ,  $b$  der Unterlage von Glockenmetall, welche durch die Schraube  $c$  niedergelassen wird und sie dann sanft auf 2 Achatplatten herabsinken läßt, die ihnen während der Dauer der Beobachtungen zur Unterlage dienen.

Das Aufhängen der Pendel im Allgemeinen geschieht auf verschiedene Weise. Nur bei schweren, zur Bewegung von Maschinen bestimmten, Pendeln darf man Zapfen anbringen, die sich wie Axen in Löchern bei jeder Schwingung drehn, weil diese auch bei kleinen Durchmessern zu große Reibung verursachen. Für die feinem Uhrpendel giebt es nur zwei Arten des Aufhängens, entweder auf der Messerschneide, oder gewöhnlicher an einem Stücke einer Uhrfeder. Nach theoretischen Gründen scheint es, als müßte die Messerschneide, wenn ihre Schärfe eine gerade Linie bildet und vorzüglich fein ist, den richtigsten Gang der Uhr geben, allein die Erfahrung aller Astronomen

giebt der Uhrfeder den Vortzug, ohne daß jedoch die Ursache hiervon mit Sicherheit aufgefunden worden ist. Bei der Aufsuchung dieser letztern muß man wohl berücksichtigen, daß Uhrpendel nicht in so kleinen Bögen schwingen, als sonstige zu sehr feinen Messungen dienende Pendel, indem bei jenen die größern Bögen als stets gleichbleibende constante Fehler ein für allemal ausgeglichen werden, die Uhrwerke aber dem Einflusse kleiner Fehler in ihrem Baue nicht so leicht unterworfen sind, wenn ihre Pendel in etwas größern Bögen schwingen. KATER<sup>1</sup> findet die Ursache darin, daß die Messerschneide durch den bei jeder Schwingung vom Uhrwerke erhaltenen Impuls um eine unmerkliche GröÙe seitwärts gerückt wird, und daß sich durch die Länge der Zeit feine Staubtheilchen unter dieselbe legen, auch die ungleiche Flüssigkeit des Oeles bei wechselnder Temperatur eine Lage von verschiedener Dicke unter ihnen bildet. Ohne über eine so schwierige Aufgabe mir ein entscheidendes Urtheil anzumassen, möchte ich außerdem noch annehmen, daß die Uhrfeder, die sich krümmt, indem sie sich nicht in der untern Ebene der Klemme hin und her bewegen kann, eben hierdurch den Kreisbogen der Schwingung der Cykloide näher bringt, so daß die unvermeidlichen Veränderungen der GröÙe der Elongationswinkel hiernach ihren Einfluß verlieren.

Die zu feinen Messungen bestimmten Pendel mit steifen Stangen, namentlich die Kater'schen Reversions- und andere unveränderliche Pendel, schwingen insgesamt auf der Messerschneide, d. h. auf der Kante einer dreikantigen, horizontal liegenden Säule, deren Seitenflächen, welche die untere ruhende Kante begrenzen, einen Winkel zwischen  $45^{\circ}$  bis  $90^{\circ}$ , meistens von  $60^{\circ}$  einschließen. Auch hierbei ist es ganz nothwendig, daß die untere Kante eine gerade Linie bilde und möglichst scharf sey. Um besser geschont zu werden, ruht diese Messerschneide gewöhnlich in Einschnitten von Glockenmetall oder Messing, wird aber beim Gebrauche auf ganz ebene Platten von Achat herabgelassen, die man in der Erfahrung besser als solche von gehärtetem und polirtem Stahl befunden hat. KATER wollte seinem oben beschriebenen Pendel auch in dieser Beziehung den höchsten Grad der Vollendung geben und

---

1 Nach mündlicher Mittheilung.

verfiel daher auf das Mittel, zur Erreichung der größten Härte die Schwingungen auf Diamantspitzen zu bewerkstelligen, allein er konnte keine hierzu geeignete finden, und als er später eine Kugel wählte, die in einer sphärisch vertieften Höhlung rollte, und deren Centrum daher allezeit in der Schwingungsaxe liegen mußte, war die Reibung zu groß, oder nach deren Beseitigung wurde die Kugel schon bei einem Elongationswinkel von 2,5 Graden aus ihrer Vertiefung geschleudert. Auch ihm schien daher die gehärtete stählerne Messerschneide am geeignetsten.

Unter die zu den feinsten Messungen vorzüglich geeigneten Pendel gehören hauptsächlich auch die Kugeln an einem feinen Metallfaden hängend. Früher pflegte man allgemein den Faden am obern Ende in einer Klemme zu befestigen, deren untere Fläche dann den Oscillationspunct gab. BESSEL<sup>1</sup> wählte dagegen eine andere Vorrichtung, indem er den Metallfaden unten in eine Klemme befestigte und diese in die Kugel schraubte, oben dagegen gleichfalls mit einer Klemme und diese mit einem sehr dünnen Streifen Messingblech versah, welcher sich um einen feinen Cylinder wickelte, so daß hiernach der Mittelpunkt der Kugel einen Bogen derjenigen Curve beschrieb, deren Evolute der Durchschnittskreis des Abwicklungscylinders war. Der berühmte Astronom begnügte sich indess hiermit nicht, sondern zog zur Erweiterung der Wissenschaft auch die Frage in den Kreis seiner Untersuchungen, welchen Einfluß es auf den Mittelpunkt der Bewegung eines Pendels hat, wenn das obere Ende desselben um einen Cylinder geschlungen, oder in einem unbeweglichen Halter festgeklammert ist, oder dieser letztere sich auf der Messerschneide bewegt. Eine Vergleichung aller drei Resultate ergab, daß die dritte Art den Mittelpunkt der Bewegung merklich höher hinaufrückte, als die beiden erstern<sup>2</sup>.

---

1 Untersuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendels von F. W. BESSEL u. s. w. Besonders abgedruckt aus den Abhandlungen der Academie zu Berlin für 1826. Berlin 1828. Mit zwei Kupfert. Dieses classische und für jeden unentbehrliche Werk, welcher selbst Versuche mit dem Pendel anstellen will, werde ich künftig nur kurz durch: BESSEL's Untersuchungen bezeichnen.

2 BESSEL's Untersuchungen S. 49. u. 215.



### C. Allgemeine Relationen der durch die Pendel gegebenen Bestimmungen.

Es ist bereits oben (unter A) angegeben worden, daß für eine ganze Pendelschwingung die Zeitdauer  $= t$  derselben

$$t = \frac{1}{2} \pi \left[ 1 + \left( \frac{1}{2} \right)^2 \frac{\text{Sin. vers. } \alpha}{2l} + \left( \frac{1.3}{2.4} \right)^2 \left( \frac{\text{Sin. v. } \alpha}{2l} \right)^2 + \dots \right] \sqrt{\frac{2l}{g}}.$$

Nennt man die Summe der in die Parenthese eingeschlossenen Factoren  $= S$ , so ist kürzer  $t = \frac{1}{2} \pi \cdot S \cdot \sqrt{\frac{2l}{g}}$ . Ist der Elon-

gationswinkel des Pendels so klein, daß der Werth der durch  $S$  bezeichneten unendlichen Reihe als unbedeutend vernachlässigt werden kann, so wäre  $t = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{2l}{g}}$ , woraus also folgt,

daß die Pendel in beliebig großen Bögen isochronisch schwingen, vorausgesetzt, daß diese Bögen oder die Elongationswinkel insgesamt klein genug sind, um den Werth der Reihe  $S$  verschwinden zu machen. So viel ist in Beziehung auf diesen allgemein angenommenen Satz einmal gewiß, daß die höhern Potenzen der Reihe  $S$  wegen ihrer schnellen Convergenz für mäßig große Elongationswinkelfüglich vernachlässigt werden dürfen, nicht so aber verhält es sich mit der ersten Potenz. Es beträgt nämlich selbst für einen Elongationswinkel  $= \alpha$  von  $5^\circ$  und  $l = 1$  gesetzt das dritte Glied der Reihe nicht mehr als 0,000005083...., also eine außer den Grenzen der Messung liegende Größe; dagegen beträgt das zweite Glied für  $\alpha = 30'$  nur 0,0000046, für  $\alpha = 1^\circ$  nur 0,0000190, für  $\alpha = 1^\circ 30'$  nur 0,0000428, für  $\alpha = 2^\circ$  nur 0,0000761, für  $\alpha = 2^\circ 30'$  nur 0,0001189, für  $\alpha = 3^\circ$  nur 0,0001463, für  $\alpha = 4^\circ$  nur 0,0003044 und für  $\alpha = 5^\circ$  schon 0,0004756.

Wenn man ferner annehmen müßte, daß die bewegende Kraft der Schwere an zwei Orten der Erde verschieden sey, also an einem  $= g$ , am andern  $= g'$ , so würde der Werth von  $t$  geändert werden, wenn man nicht vielmehr den Werth von  $l$  in einen andern  $= l'$  umänderte. Wäre dann  $t = t'$ , oder änderte man an beiden Orten die Pendellänge in sofern ab, daß die Pendel an beiden *isochronische* Schwingungen machten, so

wäre  $t = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{2l}{g}}; t = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{2l'}{g}}$

mithin  $l : l' = g : g',$

d. h., *die Längen isochronischer Pendel verhalten sich zu einander wie die beschleunigende Kraft der Schwere.* Hieraus ergibt sich, wie es möglich ist, aus der Länge der an verschiedenen Orten in gleichen Zeiten schwingenden Pendel (der Secundenpendel) die beschleunigende Kraft der Schwere und hieraus die Gestalt der Erde auszumitteln. Wäre dagegen die Länge des Pendels an zwei verschiedenen Orten der Erde gleich, die beschleunigende Kraft der Schwere aber ungleich, so würden auch die Schwingungszeiten ungleich werden, und es folgte dann aus der Formel  $t : t' = \sqrt{g'} : \sqrt{g}$  d. h. *die Schwingungszeiten würden den Quadratwurzeln aus den beschleunigenden Kräften der Schwere umgekehrt proportional seyn.* Man kann also die ungleiche Schwere der Erde ebensowohl durch die ungleiche Länge der einfachen Secundenpendel, als durch die ungleichen Schwingungszeiten der unveränderlichen Pendel anfinden. Aus der Formel folgt ferner  $g = \frac{\pi^2 l}{2 t^2}$  und es läßt sich

also der Raum, durch welchen ein Körper vermöge der beschleunigenden Kraft der Schwere in einer Zeitsecunde herabfällt, mit derjenigen Genauigkeit durch das einfache Secundenpendel auffinden, womit die Zeit und die ihr zugehörige Länge des einfachen Secundenpendels gefunden werden kann. Ist endlich die Zeit einer Pendelschwingung, welche der Pendellänge  $= l$  zugehört,  $= t$ , die eines andern für die Länge  $= l'$  dagegen  $= t'$ , und ist die Zeit, worin eine gewisse Anzahl  $= N$  Schwingungen durch jenes beendigt wird,  $= T$ , für dieses dagegen nach  $N'$  Schwingungen  $= T'$ , so ist  $t = \frac{T}{N}$  und  $t' = \frac{T'}{N'}$ ,

weil bei beiden alle Schwingungen eine gleiche Zeit dauern. Es folgt aber aus der Hauptformel, daß  $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$ , d. h. *die Schwingungszeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen*, wenn die beschleunigende Kraft der Schwere unveränderlich bleibt oder wenn die Schwingungen an einem und demselben Orte stattfinden. Indem aber statt dessen auch gesetzt werden kann  $t^2 : t'^2 = l : l'$ , so folgt hieraus, daß man die Zeiten auf das Quadrat erheben müsse, um die ihnen zugehörigen Pendellängen zu finden. Ist also  $t = 1$

Secunde und die ihr zugehörige Pendellänge  $= 1$ , so wird für ein Pendel, welches halbe Secunden schlägt,  $\frac{1}{4}$  l erforderlich seyn. Es folgt hieraus leicht, daß Pendel für 1, für  $\frac{1}{2}$  und 2 Secunden füglich construirt werden können, die übrigen gewöhnlichen Zeitabtheilungen aber durch Pendel ganz unerreichbar sind. Wäre nämlich die Länge des Secundenpendels in genähertem Werthe  $= 440$  par. Lin., so würde die des Ter tienpendels  $= \frac{1}{3600}$ , also nicht viel über 0,1 par. Lin., die des Minutenpendels aber 3600 l, also 11000 F. betragen.

Die angegebenen Gesetze lassen sich leicht durch Versuche anschaulich machen. Man nehme zu diesem Ende ein dem einfachen möglichst nahe kommendes Pendel, nämlich eine etwa 0,75 Zoll im Durchmesser haltende Messingkugel, deren Schwingungscentrum man ohne merklichen Fehler in ihrem Mittelpunkte liegend ansehen kann, hänge sie an einem längere Zeit ausgedehnten, also nicht mehr bedeutend elastischen Zwirnfaden auf, messe an diesem vom Mittelpunkte der Kugel an 440 par. Lin. ab, klemme in dem so erhaltenen Punkte den Faden scharf zwischen den Fingern oder in einer Klemme fest, so wird man ein Pendel erhalten, welches so genau Secunden schwingt, daß die Abweichung von einem völlig richtigen Secundenpendel leicht geschätzt oder durch Veränderung der Fadenzahl empirisch corrigirt werden kann, wie die Vergleichung mit einer richtigen Secundenuhr ergeben wird. Um dann hieraus ein Pendel für halbe Secunden zu erhalten, darf man diese Zeit nur auf das Quadrat, also  $\frac{1}{4}$  erheben, und der vierte Theil der Pendellänge, vom Mittelpunkte der Kugel an gemessen, giebt das gesuchte Pendel meistens mit überraschender, mindestens für die Demonstration hinlänglich genügender Genauigkeit. Zu einem zweiten Versuche nehme man ein Gestell, welches aus einer unbeweglichen verticalen Stange AB mit einem hori- Fig. zontalen Arme CA besteht. Von letzterm lasse man an je zwei 31. convergirenden Fäden die Kugeln  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  so herabhängen, daß die verticale Höhe derselben die Längen 1, 4, 9 beträgt, und setze alle drei gleichzeitig in Schwingungen, so werden die Zeiten derselben in den Verhältnissen 1 : 2 : 3 zu einander stehn, mithin die Mengen der in einer gegebenen Zeit beendigten Schwingungen sich wie 3 : 2 : 1 verhalten. Die Versuche geben eine Genauigkeit der Resultate, die für so

keine Beobachtungen mit so groben Apparaten allerdings überschüssig sind.

Beide Versuche ergeben, daß die Pendellängen sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Schwingungsmengen, und eben dieses läßt sich auf folgende Weise zeigen. Nach der letzten Formel ist  $l : l' = t^2 : t'^2$ ; da aber oben  $t = \frac{T}{N}$

und  $t' = \frac{T'}{N'}$  gefunden ist, so wird durch Substitution dieser

Werthe  $l : l' = \frac{T^2}{N^2} : \frac{T'^2}{N'^2}$  und sonach für  $T = T'$

$l : l' = N'^2 : N^2$ . Dieses Mittels bedient man sich<sup>1</sup>, um die Längen des einfachen Secundenpendels an den verschiedenen Orten der Erde durch die genaue Zählung der Schwingungen zu finden, da es zu mühsam seyn würde, ein Pendel so herzustellen, daß es genau 86400 Schwingungen in einem Tage, sey es Sternzeit oder mittlere Sonnenzeit, vollendet. Wäre nämlich die Länge des zur Beobachtung gegebenen Pendels  $= l$ , die des einfachen Secundenpendels  $= l'$ , so ist allgemein

$l' = \frac{l \cdot N^2}{N'^2}$ , worin  $N = 86400$  für ein Secundenpendel be-

tragen würde. Weil aber  $N$  und  $N'$  wenig von einander verschieden sind, so findet BIOT es bequemer,  $N = N' + n$  zu setzen, wodurch dann  $l' = l \pm \frac{2ln}{N'} + \frac{1n^2}{N'^2}$  wird, so daß die

beiden letzten Glieder den Unterschied zwischen  $l'$  und  $l$  angeben. Wäre  $n$  so klein, daß das letzte Glied füglich vernachlässigt werden könnte und der Unterschied durch das zweite allein mit hinlänglicher Genauigkeit erhalten würde, so entstünde hieraus allerdings eine Erleichterung des Calcüls, die mir jedoch zu unbedeutend scheint, um von der Anwendung der eigentlichen Formel abzugehen.

#### D. Beobachtung und Zählung der Pendelschwingungen.

Wenn das Pendel bloß dazu dient, den Gang einer Uhr zu

<sup>1</sup> Traité élémentaire d'astronomie physique, par J. B. Biot. III. Tom. Par. 1811. T. III. Addit. p. 149.

reguliren, so beobachtet man seine Schwingungen nicht unmittelbar, indem die Zahl derselben vielmehr durch die Uhrzeiger angegeben wird; die einzige Sorgfalt ist daher bloß darauf gerichtet, daß dasselbe allezeit unveränderlich bleibt, sobald es einmal diejenige Einrichtung erhalten hat, in deren Folge es unter den verschiedenen unvermeidlichen Bedingungen binnen 24 Stunden 86400 Schwingungen macht. Es ist indess bereits oben<sup>1</sup> gezeigt worden, daß man das Pendel dazu angewandt hat, um die Unterschiede der Schwere an den verschiedenen Orten der Erde und hieraus die Gestalt der letztern aufzufinden, desgleichen daß man die unveränderliche Länge desselben an einem gegebenen Orte als eine nie vergängliche Normalgröße zur Bestimmung der Einheit des Längenmaßes zu benutzen vorgeschlagen hat. In beiden Fällen kommt es sehr darauf an, die kleinsten Größen mit möglichster Schärfe zu bestimmen, und die Pendelbeobachtungen gehören daher unter die feinsten und schwierigsten im Gebiete der physikalischen Forschungen. Nach den bisherigen Untersuchungen sind nur zwei Größen durch die genauesten Beobachtungen auszumitteln, nämlich die Schwingungszeiten und die absolute Länge des Pendels von der Schwingungsaxe an bis zum Schwingungsmittelpuncte, dem *centrum oscillationis*; es wird sich aber in der Folge ergeben, daß noch mehrere andere Größen mit der erforderlichen höchsten Genauigkeit aufgefunden werden müssen, deren einige jedoch, ja selbst die eben genannte absolute Länge durch eigenthümliche Constructionen der gebrauchten Pendel wegfallen.

Wollte man die einzelnen Pendelschwingungen zählen, so wäre dieses nicht nur höchst mühsam, sondern es könnten auch leicht Irrungen im Zählen vorkommen, wodurch das Resultat bedeutend fehlerhaft werden müßte. Um diesem zu entgehen, schlug DE MAIRAN<sup>2</sup> die Beobachtung der *Coincidenzen* vor, d. h. man solle das Pendel vor einer berichtigten Uhr aufhängen, beide Pendel durch ein hinlänglich entferntes Fernrohr beobachten und diejenigen Fälle aufzeichnen, wo ihre Schwingungen zusammenfallen, da es sich wohl selten oder nie ereignen wird, daß beide völlig isochronisch schwingen, so daß also

<sup>1</sup> Art. *Erde* Bd. III. S. 879. und Art. *Maß* Bd. VI.

<sup>2</sup> Bosceovich opp. pert. ad opt. et astron. 5 voll. 4. Bassano 1785. T. V.

Bd. VII.

delapparat ganz unbeweglich feststehe, wie schon oben<sup>1</sup> bemerkt worden ist, weßwegen auch zuerst Capt. KATER<sup>2</sup> und späterhin BESSEL den dort gleichfalls beschriebenen Apparat, das von HARDY erfundene *Federpendel*, dazu anwandten, um die Unbeweglichkeit beider Vorrichtungen, sowohl der Uhr, als auch des Pendelgestelles, zu prüfen. Außerdem stellte er, wie auch CARLINI und PLANA gethan hatten, einen Kometensucher ohne Oculare in eine solche Entfernung zwischen beide, daß die Objectivlinse desselben das Bild des Pendels am Apparate genau auf das an der Uhr warf und beide dann durch ein 15 F. entferntes 30zolliges Fernrohr beobachtet wurden.

Daß die Größe des Elongationswinkels zur genauen Berechnung der Pendelschwingungen bekannt seyn müsse, weil hierfür eine eigene Correction erforderlich ist, wird demnächst gezeigt werden. Es ist daher nöthig, bei der Beobachtung und Zählung der Coincidenzpuncte gleichzeitig den vom Pendel durchlaufenen Bogen zu messen. Zu diesem Ende wird hinter dem Pendel entweder ein in Grade und Minuten getheiltes Bogenstück, oder eine nach einem Längenmaße (Linien und deren Theile oder Millimeter u. s. w.) getheilte gerade Scale angebracht, auf welche man den Pendelfaden oder eine unter dem Pendel befindliche feine Spitze (wie z. B. beim Kater'schen Reversionspendel) projecirt. Im erstern Falle erhält man die Winkel unmittelbar, deren Sinus in der Correctionsformel gebraucht werden, im zweiten Falle aber, nämlich bei der Anwendung einer geraden getheilten Scale, muß man die Größe der angewandten Theile als Tangenten der durchlaufenen Winkel betrachten, die dann bei ihrer Kleinheit den Sinussen unbedenklich gleich gesetzt werden können. Weil aber die zur Messung dienenden Scalentheile sich allezeit in einigem Abstände von dem Pendelfaden oder der zum Messen dienenden Spitze befinden, folglich durch die Projection des einen oder der andern auf dieselben ein parallaktischer Winkel entsteht, wodurch die Messung ein größeres Resultat giebt, als das genaue seyn würde, so muß hierfür eine aus der Entfernung des beobachtenden Auges und dem Abstände des Fadens oder der Spitze von der Scale zu entnehmende Correction angebracht werden<sup>3</sup>.

1 S. Art. *Bewegung* Bd. I. S. 924.

2 Phil. Trans. 1818. p. 42.

3 Wie diese Correction genau gefunden werde, hat vorzüglich BESSEL in seinen Untersuchungen u. s. w. S. 27. deutlich gezeigt.

Man findet die Pendellänge mit der erforderlichen Genauigkeit aus dem Unterschiede der Schwingungsmengen zweier ungleich langer Pendel, ohne die letztern selbst überall gemessen zu haben, aber dann muß der Unterschied beider mit größter Schärfe bestimmt seyn. Bedient man sich eines unveränderlichen Pendels, so kommt dessen absolute Länge gleichfalls nicht in Betrachtung, weil man aus der Menge der Schwingungen desselben an einem gewissen Orte, verglichen mit der Zahl der Schwingungen des nämlichen Pendels an einem andern Orte, die Länge des einfachen Secundenpendels finden kann, wenn diese Größe für den letztern Ort bekannt ist; zu diesem Zwecke aber muß diese durch genaue Messungen bekannt seyn. Es läßt sich demnach im ersten Falle die genaue Messung des Unterschiedes beider Längen, im letzten die der absoluten Länge des Normalpendels für einen gegebenen Ort, womit das unveränderliche Pendel verglichen ist, auf keine Weise umgehn. Hierzu bedarf man auf jeden Fall einen möglichst richtigen Maßstab<sup>1</sup>. Biot<sup>2</sup> schob vermittelst einer feinen Mikrometerschraube eine horizontale, polirte Stahlplatte von unten herauf bis zur Berührung der ruhig hängenden Kugel seines Pendels, nahm dann das Pendel weg, hing vermittelst der Messerschneide den Maßstab auf den nämlichen Unterlagen auf, versah diesen unten mit einer beweglichen Zunge, welche bis zur Berührung mit der Stahlplatte sanft hinab gerückt wurde, erhielt auf diese Weise den Abstand zwischen der untern Fläche der Pendelkugel und dem Aufhängungspuncte des Pendels und bestimmte diese vermittelst eines Normal-Maßstabes auf dem Comparateur. Bessel bestimmte den Unterschied der von ihm beobachteten Pendel durch eine genau verificirte Toise, wobei er noch obendrein die Vorsicht gebrauchte, diese in ihrer Mitte schwebend aufzuhängen, damit sie durch ihr eigenes Gewicht sich nicht verkürzen möchte. Kater legte sein Pendel zum Messen des Abstandes der beiden Messerschneiden von einander auf eine hierzu vorgerichtete Unterlage von Mahagony und dehnte es durch eine Feder so stark aus, als dieses durch das eigne Gewicht desselben gesoehn seyn mochte. Ueber die erforderlichen Längenmessungen selbst, bei denen verschiedene Metho-

<sup>1</sup> Vergl. Art. *Maß* Bd. VI. Abth. 2.

<sup>2</sup> *Astronomie phys.* T. III. addit. p. 157.

den befolgt werden, kann hier nur im Allgemeinen bemerkt werden, daß sie mit den genauesten, fein getheilten Maßstäben und mit Hülfe von stark vergrößernden Mikroskopen sowohl, als auch von rectificirten Mikrometern geschehn müssen. Zugleich versteht sich von selbst, daß man bei den Pendelversuchen den Gang der Uhr durch die bekannten astronomischen Mittel vergewissern oder corrigiren müsse, nicht minder unterliegen die Zahlen der Schwingungen einer Correction wegen der Größe der Elongationswinkel, welche letztern daher genau zu beobachten sind; jeder Luftzug, welcher störend auf die Bewegung des Pendels wirken könnte, muß sorgfältig vermieden werden, welches meistens durch Einschließung der Apparate in Glaskasten geschieht, endlich aber nützen diese zugleich dazu, um die Temperatur während der Dauer der Versuche unverändert zu erhalten, indem die Wärme bedeutend auf die Längen der Pendel wirkt und daher durch mehrere in der ganzen Länge der Pendel anzubringende zuverlässige Thermometer gemessen werden muß.

### E. Reduction des physischen Pendels auf das einfache oder mathematische Pendel.

Die aufgestellte Theorie des Pendels bezieht sich auf das einfache oder mathematische Pendel. Man begreift jedoch leicht, daß ein solches in der Wirklichkeit nicht existiren könne, und die in Anwendung kommenden physischen Pendel müssen daher auf jenes reducirt werden, wobei dann die erforderlichen Reductionen leicht aus der Natur der Sache aufzufinden sind. Selbst das mathematische Pendel erfordert bei kreisförmigen Schwingungen eine längere Zeit zur Vollendung derselben, wenn die durchlaufenen Bögen größer sind, und da bei längerer Dauer der Schwingungen die Bögen wegen der unvermeidlichen Hindernisse der Bewegung nicht stets gleichbleiben können, so wird hierfür eine Correction erfordert. Beim mathematischen Pendel wird ein bloßer schwerer Punkt und eine nicht schwere, stets gleich lange Linie angenommen, das physische dagegen erfordert einen schweren Körper von endlicher Ausdehnung und einen materiellen Faden von schwerer Masse, dessen einzelne Elemente daher als schwere Körper, jedes für sich um den gemeinschaftlichen Schwingungspunct oscillirend, zu be-



trachten sind, so daß man also den gemeinschaftlichen Schwingungspunct, die Schwingungsaxe und den Schwingungsmittelpunct aller vereinten Elemente aufsuchen muß. Das Pendel sollte ferner um einen geometrischen Punct oder eine horizontale mathematische Linie schwingen, von wo an seine Länge bis zum Schwingungsmittelpuncte gemessen werden muß, allein die Fläche des Körpers, woran es hängt, ändert ihre Lage und Richtung, und ist der Faden desselben eingeklemmt, so giebt die Fläche des diesen haltenden Körpers nicht in absoluter Schärfe die geometrische Grenze seiner Biegung. Endlich sind die Fallgesetze für den leeren Raum festgestellt, die Pendel aber bewegen sich in einem Widerstand leistenden Mittel, welches nicht ohne Einfluß auf die zu untersuchenden Bewegungen seyn kann, wozu noch der Umstand kommt, daß die zu messende Länge als unveränderlich angenommen wird, jeder in der Natur gegebene Körper aber sowohl durch seine Elasticität, als auch durch den Einfluß der Wärme ausdehnbar ist. Die auf allen diesen Bedingungen beruhenden Correctionen müssen nothwendig einzeln untersucht und genau bestimmt werden.

#### a) Correction wegen der Gröfse der Schwingungsbögen.

Aus der bereits mehrmals erwähnten Formel für die Zeiten der Pendelschwingungen bei gegebener Länge der Pendel und unveränderlicher Schwere geht hervor, daß die Zeitdauer der Oscillationen mit der Zunahme der Schwingungsbögen um eine Gröfse wächst, die nur durch eine unendliche Reihe ausgedrückt werden kann. Es ist gleichfalls bereits gezeigt worden, daß bei den in der Ausübung stattfindenden Oscillationen die Elongationswinkel nie so groß werden, daß die höhern Potenzen der Reihe nach einen meßbaren Einfluß auf die Zeitdauer derselben haben können, und die deswegen erforderliche Correction wird also hinlänglich genau, wenn sie sich auf die erste Potenz der Elongationswinkel beschränkt. Inzwischen suchte schon HUYGENS diejenige Curve, worin ein Pendel schwingen müsse, wenn die Gröfse dieses Winkels keinen Einfluß ausüben solle, und fand, daß dieses die Cykloide sey. NEWTON<sup>1</sup> bewies nachher, daß in einem widerstandleistenden Mittel bei einem dem einfachen Verhältnisse der Geschwindigkeit proportionalen Widerstande

1 Phil. Nat. Princ. L. 1. sect. X. prop. 46.

der Cykloide die Eigenschaft des Tautochronismus zukomme, in größter Ausführlichkeit ist aber dieses Problem durch L. EULER<sup>1</sup> bearbeitet worden. Inzwischen fand HUYGENS, insbesondere durch einige von PASCAL mitgetheilte Aufgaben veranlaßt, daß die Evolvirende einer Cykloide gleichfalls eine Cykloide sey, und er versuchte es daher, die sogenannten *Cykloidal-Pendel* wirklich darzustellen. Dieses ist anscheinend leicht praktisch ausführbar. Ist nämlich der Pendelfaden, woran der Körper p hängt, biegsam, so daß er sich bei den Oscillationen an die cykloidischen Flächen ab, ab' anlegt, also sich um dieselben auf- und von ihnen abwickelt, so ist der Schwingungsbogen pp' ein cykloidischer. Schon früher hat man solche Pendel wirklich hergestellt, bei denen die Stange an einer biegsamen Uhrfeder aufgehangen war, und auch neuerdings sind sie in einigen Zeitschriften als neue und großen Nutzen gewährende Erfindung angegeben worden, allein eine nähere Betrachtung zeigt sie als völlig unnütz, namentlich für Uhren, deren Pendel stets in ganz gleichen Elongationswinkeln schwingen, so daß also der Einfluß von diesen bei einmaliger Regulirung derselben ausgeglichen werden kann. Am vollständigsten zeigte L. EULER<sup>2</sup>, daß zur Erreichung eines vollkommenen Tautochronismus zugleich eine Bewegung im leeren Raume und ein einfaches Pendel erforderlich sey, welches letztere daher aus einer sehr kleinen Kugel an einem höchst dünnen Faden bestehen müßte. Mit der Aufgabe, die Tautochrone für jedes Verhältniß des Widerstandes der Mittel zu finden, beschäftigten sich mehrere Gelehrte, namentlich DAN. BERNOULLI<sup>3</sup>, hauptsächlich aber L. EULER, welcher auch die Tautochrone für ein zusammengesetztes Pendel auffand<sup>4</sup>. Ein praktischer Nutzen wird jedoch durch diese Untersuchungen nicht gewährt, da es unmöglich ist, für die feinen Pendelschwingungen die erforderlichen Abwickelungsflächen mit geometrischer Schärfe darzustellen, um das absolut ge-

Fig.  
32.

1 *Mechanica sive motus Scientia analytice exposita* cet. Petrop. 1736. 2 voll. 4. T. II. p. 238 sqq.

2 *Nov. Comm. Pet. T. III. p. 286. Vergl. T. II. p. 126.*

3 *Comm. Pet. T. V. p. 106.*

4 *Nov. Comm. Pet. T. III. p. 290. Ebenders. über die Tautochrone im widerstandleistenden Mittel in Nov. Comm. Pet. T. X. p. 156. Die Petersburger Denkschriften enthalten überhaupt eine Menge Abhandlungen über den Tautochronismus der Pendel.*

name Anlegen der biegsamen Feder wirklich zu erreichen. L. EULER<sup>1</sup> gesteht auch in einer ausführlichen Untersuchung dieses Gegenstandes, daß die schwere Aufgabe bloß als eine Uebung in der Analysis anzusehn sey, die in Kreisbögen schwingenden Pendel aber den gesuchten Zweck vollständig gewähren.

Weil indess bei diesen gemeinen, in Kreisbögen schwingenden Pendeln, wie fein dieselben auch construirt seyn mögen, die Elongationswinkel in der für eine genügende Reihe von Beobachtungen erforderlichen Zeit zunehmend kleiner werden, die durchlaufenen Bögen aber nicht allzuklein seyn dürfen, wenn die Coincidenzen mit gehöriger Schärfe beobachtet werden sollen, so ist es nothwendig, hierfür eine Correction anzubringen, wenn auch der Werth derselben nur gering ausfällt. Die hierzu erforderliche Berechnung ist von verschiedenen Gelehrten mitgetheilt worden, am vollständigsten durch BIOT<sup>2</sup>, an dessen Darstellung ich mich daher zunächst halte.

Wenn man sich bei der oben zur Bestimmung der Schwingungszeit eines im Kreisbogen schwingenden Pendels mitgetheilten Formel auf die erste Potenz des Elongationswinkels beschränkt, so erhält man

$$t = \frac{1}{2} \pi \left[ 1 + \left( \frac{1}{2} \right)^2 \frac{\text{Sin. vers. } \alpha}{2 l} \right] \sqrt{\frac{2 l}{g}},$$

worin  $\alpha$  den Winkel bezeichnet, welchen die Pendellinie zwischen der verticalen und ihrer Richtung bei der größten Elongation einschließt, so daß also der bei einer einfachen Schwingung durchlaufene Bogen den Winkel  $= 2\alpha$  mißt. Es ist aber  $\text{Sin. vers. } \alpha = 2 (\text{Sin. } \frac{1}{2} \alpha)^2$  und die in die Parenthese eingeschlossene Reihe verwandelt sich daher in folgende

$1 + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha}{16}$ . Allein der Bogen  $\alpha$  bleibt sich beim Fortgange der Schwingungen nicht stets gleich, sondern nimmt ab. Wird er also  $= \alpha', \alpha'', \alpha''' \dots$ , so erhielte man hierfür

$$1 + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha'}{16}, 1 + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha''}{16}, 1 + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha'''}{16} \dots$$

so daß also nach einer Anzahl von  $n$  Schwingungen, welche stattgefunden haben, nachdem der Elongationswinkel  $= \alpha$  war, die allen diesen Theilen zugehörigen Schwingungen

1 Nov. Comm. Pet. XVII. p. 383 bis 380.

2 Astron. phys. T. III. Add. p. 169.

$n + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha'}{16} + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha''}{16} + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha'''}{16} + \dots + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha^{(n)}}{16}$   
 seyn würden. Um den Werth zu erhalten, der zu  $n$  hinzukommt, müßte die Reihe summirt werden. Zu diesem Ende nimmt man nach den theoretischen Ansichten von DE BOUDA, die durch die Versuche von BIOT Bestätigung erhalten, als ausgemacht an, daß die Größe der Elongationswinkel gleichmäßig abnimmt, was mit einem dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionalen Widerstande der Luft am besten übereinstimmend seyn würde. Hiernach bildet die Abnahme der Elongationswinkel eine geometrische Reihe, wenn die Menge der Schwingungen in einer arithmetischen fortgeht, so daß also jene Reihe leicht summirt werden kann. Außerdem dürfen statt jener Winkel selbst bei ihrer Kleinheit ohne Nachtheil die Sinusse derselben gesetzt werden, so daß also  $\text{Sin } \alpha^{(n)} = \frac{\text{Sin. } \alpha}{K^n}$  wird, wobei der Werth von  $K$  von der Länge und sonstigen physikalischen Beschaffenheit des Pendels abhängt und für jedes einzelne besonders bestimmt werden muß. Heißt dann die Summe der gegebenen Reihe  $S$ , so ist

$$S = \frac{\text{Sin.}^2 \alpha}{16} \left( \frac{1}{K} + \frac{1}{K^2} + \frac{1}{K^3} + \dots + \frac{1}{K^n} \right)$$

und durch Summierung der eingeschlossenen endlichen Reihe

$$S = \frac{\text{Sin.}^2 \alpha}{16} \cdot \frac{K^n - 1}{(K - 1) K^n}$$

Aus dieser Formel läßt sich  $K$  eliminiren und das Ganze auf den Werth des ersten größten und des letzten kleinsten Elongationswinkels zurückbringen. Es ist nämlich

$$K^n = \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}} \text{ und } K = \sqrt[n]{\frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}}},$$

mithin ist

$$S = \frac{\text{Sin. } \alpha (\text{Sin. } \alpha - \text{Sin. } \alpha^{(n)})}{16 \left[ \left( \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]}$$

Besteht die Kugel oder die Pendellinse, überhaupt der schwingende Körper, aus einer spezifisch bedeutend schweren Masse, und ist das Pendel fein genug construirt, wie bei solchen Pendeln allezeit der Fall zu seyn pflegt, so daß die Größe der Bögen  $\alpha$  und  $\alpha^{(n)}$  wenig verschieden ist, so genügt es, die  $n$ te

Wurzel nur in genähertem Werthe zu suchen. Man hat nämlich in gemeinen Logarithmen

$$\text{Log.} \left( \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}} \right) = \frac{1}{n} \log_{10} \left( \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}} \right)$$

und das letzte Glied der Gleichung entwickelt

$$\left( \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}} \right)^{\frac{1}{n}} = 1 + \frac{M}{n} \text{Log.} \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}} + \frac{M^2}{1.2.n^2} \text{Log.}^2 \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}} + \dots$$

wotin  $M$  den Modulus der gemeinen Logarithmen  $= 2,302585$  bezeichnet. Außerdem weicht  $\frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}}$  wenig von der Einheit ab, weswegen man sich auf die erste Potenz des Logarithmen beschränken kann, wonach also

$$S = \frac{n \cdot \text{Sin. } \alpha (\text{Sin. } \alpha - \text{Sin. } \alpha^{(n)})}{M \cdot 16 \cdot \text{Log.} \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}}}$$

wird. Heißen dann  $n'$  die corrigirten oder auf verschwindend kleine Bögen reducirten Mengen der Schwingungen,  $n$  aber die mit abnehmenden Elongationswinkeln wirklich beobachteten, so ist

$$n' = n \left[ 1 + \frac{\text{Sin. } \alpha (\text{Sin. } \alpha - \text{Sin. } \alpha^{(n)})}{M \cdot 16 \cdot \text{Log.} \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}}} \right]$$

Endlich darf man bei der Kleinheit der Schwingungsbögen statt  $\text{Sin. } \alpha - \text{Sin. } \alpha^{(n)}$  unbedenklich  $\text{Sin. } (\alpha - \alpha^{(n)})$  setzen, wonach also die durch Biot angewandte Formel wird:

$$n' = n \left( 1 + \frac{\text{Sin. } \alpha \text{ Sin. } (\alpha - \alpha^{(n)})}{16 M \cdot \text{Log.} \frac{\alpha}{\alpha^{(n)}}} \right)$$

statt deren man für kurze Zeit dauernde Beobachtungen, bei denen  $\alpha$  und  $\alpha^{(n)}$  keinen bedeutenden Unterschied darzubieten pflegen, noch einfacher setzen kann

$$n' = n \left( 1 + \frac{1}{16} \text{Sin.}^2 \frac{(\alpha + \alpha^{(n)})}{2} \right)$$

DE BORDA substituirte statt des ersten gemessenen Bogens, also statt  $\text{Sin. } \alpha$ , das arithmetische Mittel aus dem ersten und letzten  $= \frac{\alpha + \alpha^{(n)}}{2}$  und setzte bei der Kleinheit der Elongations-

winkel  $\frac{1}{2} \sin. (a + a^{(n)})$  statt  $\sin. \left( \frac{a + a^{(n)}}{2} \right)$ , wodurch er die von ihm ohne Beweis gegebene Correctionsformel

$$n' = \frac{n \sin. (a + a^{(n)}) \sin. (a - a^{(n)})}{32 \text{ M. Log. } \frac{\sin. a}{\sin. a^{(n)}}}$$

erhielt, die er bei seiner berühmten Pendelmessung anwandte. BRÖT bemerkt jedoch, daß das Resultat von dem nach seiner Formel berechneten nur unmerklich abweicht, indem die Correction außerdem nicht mehr als zwei bis drei Schwingungen auf 100000 betrug.

Diese Formel wird bei ihrer Anwendung von den verschiedenen Beobachtern etwas modificirt, ohne daß jedoch die Resultate dadurch eine merkliche Aenderung erleiden. KATER<sup>1</sup> z. B. addirte eine Correction = C, welche durch folgende Formel erhalten wird:

$$C = \delta \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right)^2,$$

worin  $\delta$  den Unterschied der Schwingungen in der Cykloide und im Kreisbogen von 1° binnen 24 Stunden bezeichnet, der aber für jedes Pendel verschieden ist und für das von ihm gebrauchte = 1,635 gefunden wurde. SABINE<sup>2</sup> dagegen bediente sich der bessern und bequemern Formel, welche W. WATTS<sup>3</sup> bei der Prüfung der Kater'schen aufgefunden hat, wonach für die Zahl n der gezählten Schwingungen die Zahl n' der corrigirten gefunden wird

$$n' = n + \frac{n(a + b)(a - b)}{241886,08 \text{ Log. } \frac{a}{b}},$$

worin a den ersten und b den letzten beobachteten Schwingungsbogen bezeichnet<sup>4</sup>.

Neuerdings suchte Capt. SABINE<sup>5</sup> auf dem Wege der Erfahrung auszumitteln, ob die durch diese Formel erhaltenen Re-

1 Phil. Trans. 1818. p. 46.

2 An Account of Experiments cet. p. 16.

3. Edinb. Phil. Journ. N. II. p. 325,

4 Eine etwas verwickeltere Formel zur Reduction der Schwingungsbögen giebt J. W. L. (Lubbock) in Phil. Mag. and Ann. of Phil. T. IV, p. 388.

5 Phil. Trans. 1831. p. 461.

sultate genau seyn, was sich dadurch ergeben mußte, daß er das nämliche Pendel mit Wegschaffung des Luftwiderstandes unter ganz gleichen Bedingungen in kleinern und größern Bögen schwingen liefs. Hierzu benutzte er den nachher weiter zu erwähnenden Apparat für Pendelschwingungen im Vacuum und liefs ein Kater'sches unveränderliches Pendel zuerst durch Bögen von  $1^{\circ},32$  bis  $0^{\circ},73$ ; dann von  $0^{\circ},7$  bis  $0^{\circ},42$ ; dann von  $0^{\circ},42$  bis  $0^{\circ},19$  in zwei Versuchsreihen schwingen, wobei die Länge jedes Grades 0,833 engl. Zolle betrug. Bei einer folgenden Reihe von Versuchen war die Gröfse der durchlaufenen Bögen  $1^{\circ},46$  bis  $0^{\circ},80$ ; dann von  $0^{\circ},80$  bis  $0^{\circ},41$ ; dann von  $0^{\circ},41$  bis  $0^{\circ},18$ ; bei noch einer folgenden betrug dieselbe von  $1^{\circ},32$  bis  $0^{\circ},89$ ; dann von  $1^{\circ},44$  bis  $0^{\circ},84$ ; dann von  $0^{\circ},37$  bis  $0^{\circ},26$ ; endlich von  $0^{\circ},26$  bis  $0^{\circ},16$ ; bei allen war das gröfsere Gewicht oben. Im Mittel aus allen Versuchen ergab sich, daß die Formel mit 1,4 multiplicirt werden müsse, wenn die größern Bögen auf kleinste richtig reducirt werden sollten. Mehrere Versuchsreihen mit Schwingungen durch Bögen von ungleicher Gröfse, wobei das große Gewicht unten hing, gaben das Resultat, daß ein constanter Factor = 1,13 erforderlich sey; aus mehrern andern folgte jedoch, daß es gar keiner Multiplication mit einem constanten Factor bedürfe, und dieses Ergebnifs schien am richtigsten zu seyn, weil bei den letzten Versuchen eine Uhr von mehr unveränderlichem Gange angewandt war.

### b) Correction wegen der Temperatur.

Die Wärme dehnt alle Körper aus, und da man bei Pendelbeobachtungen in der Regel die Temperatur nicht nach Willkür reguliren kann, so muß es sich hiernach ereignen, daß das beobachtete Pendel während der Dauer seiner Schwingungen durch den Einfluß der Wärme länger oder kürzer war, als zur Zeit seiner Messung auf dem zur Norm dienenden Maßstabe, beide können aber auch während ihrer Vergleichung länger oder kürzer seyn, als bei einer einmal angenommenen Normaltemperatur. Es ist indeß sehr leicht, die hierfür erforderliche Correction zu finden, wenn nur die Gröfse der Ausdehnung der gebrauchten Substanzen durch Wärme mit hinlänglicher Genauigkeit als bekannt vorausgesetzt werden kann<sup>1</sup>. Es

1 Die Resultate der bisherigen Bemühungen findet man Bd. I. S. 559.

sey demnach die Temperatur des Pendels, welche auf die oben angegebene Weise durch einige in dessen Nähe befindliche Thermometer sorgfältig gemessen werden muß, zur Zeit der beobachteten Schwingungen  $= T$ , bei der Messung auf dem Maßstabe  $= T'$ , die Ausdehnung der Substanz des Fadens für einen Grad der Thermometerscale  $= D$ , die gemessene Länge  $= l$ , die corrigirte  $= l'$ , so ist  $l' = l D (T' - T)$ . Ist ferner die Normallänge des Maßstabes für die Temperatur  $T''$  bestimmt und die Ausdehnung für einen Grad der gebrauchten Thermometerscale  $= D'$ , so wird die durch Messung auf dem Maßstabe gefundene Größe kleiner, wenn letzterer durch Wärme ausgedehnt ist, und man erhält also

$$l' = l [1 - D (T' - T) + D' (T' - T'')].$$

In den meisten Fällen ist die normale Länge des Maßstabes, wie z. B. beim Meter für  $0^\circ \text{C.}$  bestimmt, und dann giebt die Formel

$$l' = l [1 - D (T' - T) + D' T']$$

diejenige Länge, welche das Pendel bei der Temperatur der Messung hat, wenn es auf dem Maßstabe bei  $0^\circ$  Temperatur des letztern gemessen wäre. Soll hieraus die Länge des Pendels gleichfalls bei  $0^\circ$  Temperatur  $= l''$  bestimmt werden, so ist

$$l'' = l' (1 + D T').$$

Weil aber auch die Linse oder die Kugel, überhaupt der am Pendelfaden oder an der Pendelstange schwingende Körper sich gleichfalls durch Wärme ausdehnt, so muß auch diese Größe mit in Rechnung gebracht werden. Es läßt sich annehmen, daß man sich zu den feinen Pendelmessungen nur des Kater'schen Reversionspendels bedient, wobei bloß die Länge der zwischen den beiden Messerschneiden befindlichen Stange eine Correction wegen der Temperatur erfordert, oder daß man eine Metallkugel an einem Metallfaden schwingen läßt. Im letztern Falle wird der Schwerpunkt der Kugel, in welche der Faden vermittelt einer Klemme oben eingeschraubt ist, ihrer Ausdehnung proportional tiefer herabsinken. Ist also die ganze Länge des Pendels von der untern Fläche der Kugel bis an den Schwingungspunct gemessen und hierfür die angegebene corrigirte Länge gefunden, der Halbmesser der Kugel aber  $= r$  und die Ausdehnung des Körpers, woraus sie besteht,  $= D''$  (wofür DE BORDA bei der von ihm gebrauchten Platinkugel 0,000008665 für  $1^\circ \text{C.}$  fand), so ist die corrigirte Länge des gebrauchten Pendels  $L = l' - r (1 + D'' T')$ .



Der um diesen Gegenstand vorzüglich verdiente Capt. **SABINE**<sup>1</sup> hat wohl das sicherste Mittel angewandt, um die erforderliche Correction wegen der Temperatur für die insgesamt sehr gleichförmig construirten Kater'schen Reversionspendel mit größter Schärfe aufzufinden, indem er die Temperatur des Beobachtungszimmers künstlich veränderte und die Schwingungen des nämlichen Pendels bei ungleicher Wärme zählte. Hierbei war es aber nicht wohl möglich, die künstliche Erwärmung lange genug unverändert zu erhalten, und zur Controlirung dieser erstern Versuche verglich er daher andre im Winter angestellte Messungen mit solchen aus der Zeit des Sommers, fand die Resultate beider Versuchareihen jedoch wenig von einander abweichend und erhielt als mittlern Werth 0,44 Schwingungen einer Temperaturveränderung von 1° F. zugehörig, wonach also die Correction leicht zu bewerkstelligen ist. Eine dieser Bestimmung sehr nahe kommende hatte Capt. **KATER**<sup>2</sup> bereits früher durch directe Messung der Ausdehnung seines Pendels gefunden, nämlich 0,00000982 der ganzen Länge desselben für 1° F., welches einer Correction von 0,423 Schwingungen binnen 24 Stunden zugehört. Diese hinlänglich genau bestimmte Correction wird daher bei allen, im Ganzen sehr gleichförmig construirten, dem Längenbureau in London zugehörigen Pendeln in Anwendung gebracht. Meistens pflegen jedoch die zu wichtigen Messungen verwandten Pendel auf die durch **SABINE** befolgte Weise geprüft zu werden, um bei ihnen als Individuen die erforderliche Correction aufzufinden. So geschah dieses unter andern mit dem auf der russischen Entdeckungsreise unter Capt. **LUETKE** gebrauchten Kater'schen Reversionspendel<sup>3</sup>, welches bei den mittlern Temperaturen 31°,5 und 82°,5 F. geprüft wurde, wobei sich fand, daß seine Wärmecorrection 0,458 Schwingungen für 1° F. in 24 Stunden betrug. Die Abweichung von der durch **SABINE** gefundenen GröÙe leitet **LUETKE** von größerer Weichheit der Messingstange ab.

---

1 Phil. Trans. 1880. p. 251.

2 Phil. Trans. 1819. p. 337.

3 Mém. de l'Acad. de Petersb. 1830.

### c) Entfernung des Schwingungsmittelpunctes von der Umdrehungsaxe beim physischen Pendel.

Soll die eigentliche Länge eines Pendels gefunden werden, so ist wohl zu berücksichtigen, daß diese vom Schwingungsmittelpuncte (dem *centrum oscillationis*) an bis zur geometrischen Umdrehungsaxe gemessen werden muß. Wenn nun vorläufig angenommen wird, daß die geometrische Umdrehungsaxe da liegt, wo das Pendel auf einer Unterlage ruht oder am obern Ende befestigt ist, so kommt es nur darauf an, den Mittelpunkt der Schwingung genau aufzufinden. Beim einfachen Pendel ist dieses leicht, indem man einen schweren Punct in einer Curve bewegt voraussetzt, deren Abstand vom Umdrehungspuncte die Länge des Pendels unmittelbar giebt; ist aber statt eines solchen Punctes ein schwerer Körper von beliebiger Form und Größe gegeben, so erfordert es eine nicht leichte Correction, die gesuchte Länge mit völliger Genauigkeit zu finden. Man entgeht dieser Mühe durch Anwendung des Reversionspendels oder durch Messung des Längenunterschiedes zweier ungleich langen Pendel, wenn die beiden letztern aus der nämlichen Kugel und dem nämlichen Faden bestehen.

Das Problem, für jedes gegebene Pendel den Mittelpunkt der Schwingung aufzufinden, hat die Geometer vielfach beschäftigt; inzwischen kann dasselbe hier nur im Allgemeinen erörtert werden. Sogleich nach Auffindung der allgemeinen Gesetze der Pendelschwingungen geriethen auf die durch MERSENNE gegebene Veranlassung CARTESIUS und ROBERVAL mit einander in Streit über dieses Problem, welches zuerst HUYGENS<sup>1</sup> auflöste, indem er den allgemeinen Satz aufstellte: *man dividire die Summe der Trägheitsmomente der Massen durch das statische Moment oder das Moment der Summe ihrer Gewichte, so ist der Quotient die Länge des einfachen Pendels, welches mit dem zusammengesetzten gleichzeitig schwingt.* Später haben JACOB BERNOULLI<sup>2</sup>, JOHANN BERNOULLI<sup>3</sup>, HERMANN<sup>4</sup>,

1 Horolog. oscill. Par. 1773. p. 93.

2 Mém. de l'Acad. 1703. Opp. Jac. Bernoulli p. 98.

3 Acta Erud. 1714. Opp. Joh. Bern. T. II. p. 96.

4 Comm. Soc. Pet. T. III. p. 1.

DANIEL BRANOUILLI<sup>1</sup> und insbesondere L. EULER<sup>2</sup> dieses Problem ausführlich behandelt. Da es allezeit schwierig ist, die zu dieser Correction erforderlichen Bestimmungen bei einem gegebenen physischen Pendel aufzufinden, und man für feinere Pendel in der Anwendung in der Regel entweder das Reversionspendel oder eine Kugel an einem feinen Faden wählen wird, so genügt es hier, nur die einfachsten Fälle näher zu berücksichtigen.

Wenn eine schwere Kugel an einem nicht schweren Faden befestigt pendelartig schwingt, so liegt nach den Regeln der Mechanik der Mittelpunkt ihrer Schwingung oder das *centrum oscillationis* unter ihrem Mittelpunkte, und zwar um eine Größe, welche  $= \frac{2r^2}{5L}$  beträgt, wenn  $r$  den Halbmesser der Kugel und  $L$  die Länge des Pendels von der Schwingungsaxe bis zum Mittelpunkte der Kugel bezeichnet, vorausgesetzt, daß die Kugel aus gleichartiger Masse besteht und also überall gleiche Dichtigkeit hat<sup>3</sup>. Darf man also bei einer Kugel aus einer specifisch beträchtlich schweren Substanz das Gewicht des feinen Fadens, woran sie herabhängt, vernachlässigen, so ist hiernach die corrigirte Länge des Pendels durch Aufnahme dieser Correction in die mitgetheilte Formel

$$L'' = l'' - r(1 + D'' T') + \frac{2r^2}{5l''}.$$

In der Regel kann man jedoch bei einem geforderten hohen Grade von Genauigkeit das Gewicht des Fadens oder der Stange, woran das Gewicht hängt, nebst den Vorrichtungen, wodurch diese am Gewichte und an der Umdrehungsaxe befestigt sind, nicht vernachlässigen, und es würde mindestens rathsam seyn,

1 Nov. Comm. Pet. XVIII. 263.

2 Acta Pet. T. III. P. II. p. 93. Theoria motus corp. rig. Cap. VI. u. VII. Vergl. Kästner höhere Mech. Abschn. III. §. 6 B. Poisson Traité de Méc. T. II. p. 110.

3 Elementi di Meccanica e d'Iraulica di GIUSEPPE VENTUROLI cet. Terza edit. Milano 1817. 2 voll. 8. T. I. p. 148. Bei einem überall gleichmäßigen Stabe, eigentlich einer geraden Linie, ist die Entfernung der Schwingungsaxe vom Mittelpunkte der Schwingung  $= \frac{3L}{8}$ , welches auf jeden gleichmäßig dicken und geraden, am einen Ende aufgehängenen Stab Anwendung leidet.

ihren Einfluss zur Entscheidung hierüber vorläufig zu berechnen. In dieser Beziehung wird es hier jedoch genügen, nur die einfachste Construction solcher Pendel zu berücksichtigen. Es werde daher angenommen, dass sich über dem Aufhängepunkte des Pendels keine merklich große Masse desselben weiter befinde und also die Länge von diesem Punkte an bis ans Ende der Stange, also von  $c$  bis  $b$  gemessen werden könnte; es sey ferner das Gewicht des Fadens oder der dünnen Stange  $ob = p$ , das Gewicht des angehängten Körpers, dessen Mittelpunkt sich in  $k$  befindet,  $= p'$ , die ganze Länge des Pendels  $cb = l$ , die Länge bis an den Mittelpunkt  $k$  des schweren Körpers  $= L$ , so ist allgemein die corrigirte Länge des Pendels<sup>1</sup>

$$L' = \frac{\frac{1}{2} l^2 p + L^2 p'}{\frac{1}{2} l p + L p'};$$

also für eine Kugel mit Rücksicht auf die Lage des Mittelpunktes der Schwingung in derselben

$$L' = \frac{\frac{1}{2} l^2 p + (L^2 + \frac{2}{3} r^2) p'}{\frac{1}{2} l p + L p'};$$

für eine nicht sehr dicke kreisförmige Scheibe, deren Halbmesser gleichfalls durch  $r$  bezeichnet werden möge,

$$L' = \frac{\frac{1}{2} l^2 p + (L^2 + \frac{1}{2} r^2) p'}{\frac{1}{2} l p + L p'};$$

und für eine Linse vom Halbmesser des Flächendurchschnittes  $= r$  und dem Halbmesser der Dicke  $= r'$ , welche sich also der Kugel am so mehr nähert, je näher  $\frac{r'}{r}$  der Einheit kommt,

$$L' = \frac{\frac{1}{2} l^2 p + \left( L^2 + \frac{r^2}{20} \left( 8 - 3 \frac{r'}{r} \right) \right) p'}{\frac{1}{2} l p + L p'}.$$

Unter die genauesten frühern Versuche mit Pendeln gehören die sehr bekannt gewordenen von DE BORDA 1792, zur Bestimmung der absoluten Länge des Secundenpendels mit einer Platinkugel an einem sehr dünnen Platindrachte angestellt. Sie wurden später wiederholt durch BIOT und ARAGO, und es war

<sup>1</sup> LANGSDORF. Handbuch der gemeinen und höhern Mechanik fester und flüssiger Körper. Heidelb. 1807. S. 301. Andere bequeme Formeln geben W. BRANDES Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung fester und flüssiger Körper. Leipz. 1818. Th. II: S. 250.

bei ihrer Berechnung nothwendig, die gesammten erforderlichen Correctionen zu berücksichtigen, weil die absolute Länge des einfachen Secundenpendels aus den Schwingungszeiten und der Länge des beobachteten gefunden werden sollte. Für das bei diesen vielen Versuchen gebrauchte Pendel wurde die fragliche Größe auf folgende Weise corrigirt<sup>1</sup>:

Es sey die Länge vom Aufhängepunkte bis zum Centrum der Kugel . . . . .	L
Halbmesser der Platinkegel bei 0° C. . . . .	r
Gewicht der Kugel in Grammen . . . . .	m
Abstand der Aufhängungsaxe bis zum Anfange des Platinfadens . . . . .	b
Abstand des Schwerpunktes der Hülse, womit der Draht in der Kugel befestigt war, vom Mittelpunkte der Kugel . . . . .	d
Gewicht des Platinfadens in Grammen . . . . .	p
Gewicht der Hülse in Grammen . . . . .	n

so ist

$$Q = \frac{\frac{p}{6m} \left[ L + b + r + \frac{2(br - r^2 - b^2)}{L} \right] + \frac{n}{m} \left( d - \frac{d^2}{L} \right) + \frac{pr^2}{5mL^2} [L + b + r] + \frac{2nr^2}{5mL} (L - d)}{1 + \frac{p}{2m} \left( 1 + \frac{b - r}{L} \right) + \frac{n}{m} \left( 1 - \frac{d}{L} \right)}$$

Die Länge des Pendels wäre diesernach

$$L'' = l'' - r(1 + D'' T') + \frac{2r^2}{5l''} - Q.$$

#### d) Einfluss der Fläche der Messerschneide.

Die Messerschneiden, worauf die Pendel meistens schwingen, müssen auf jeden Fall in einer geraden Linie liegen, und bei den Versuchen ist darauf zu sehn, daß dieses so vollständig der Fall sey, als es überhaupt möglich ist, eine geometrische gerade Linie physisch darzustellen. Nach BESSLER's<sup>2</sup> sehr genauen Prüfungen besteht das, was man die Schneide nennt,

1 Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques, exécutées par ordre du bureau des longitudes de France en Espagne, en France, en Angleterre et en Écosse cet. redigé par MM. Biot et ARAGO. Par. 1821. p. 441, wo über die Correctionen bei Pendeln ausführlich gehandelt wird. Vergl. CARLINI und PLANA in Effem. di Mil. 1824. App. p. 28 ff.

2 Untersuchungen S. 46. und S. 69 ff.

aus einer krummen Fläche, deren Krümmung einem Kegelschnitte angehört, der sich der Kleinheit wegen nicht völlig genau bestimmen läßt. Diese Krümmung ist durch zwei Ebenen begrenzt, die einen Winkel von  $90^\circ$  oder von  $120^\circ$  einzuschließen pflegen. Früher nahm man allgemein an, die Form und GröÙe dieser allezeit sehr kleinen krummen Fläche habe auf die Länge des Pendels gar keinen Einfluß und man dürfe also die Berührungslinie derselben mit der Ebene der achatischen Unterlage als die Schwingungsaxe des Pendels betrachten, allein LA PLACE<sup>1</sup> zeigte zuerst, daß auch die feinste Schneide eine krumme Fläche bilde, welche sich daher auf der ebenen Unterlage bei den Pendelschwingungen wälze, wodurch dann die Schwingungsaxe unter oder über die Ebene der Unterlage falle. Biot und ARAGO glaubten sowohl in Beziehung auf ihre eigenen, als auch auf die von DE BORDA angestellten Pendelmessungen, daß die hieraus zu entnehmende Correction eine zu unbedeutende GröÙe betrage und daher füglich vernachlässigt werden könne, allein BESSEL hat durch eine eben so weitläufige als genaue Reihe schätzbarer Versuche, bei denen er den Pendelfaden sich um einen Cylinder wickeln ließ oder zwischen einer horizontalen ebenen Fläche festklemmte oder an einer Messerschneide befestigte, genügend dargethan, daß die Messerschneide überhaupt, insbesondere aber ihre Form und Breite, einen Einfluß auf die Pendelschwingungen habe. Wäre z. B. die krumme Fläche der Theil eines Cylinders von 0,1 Lin. Halbmesser, so würde sie bei einem Elongationswinkel des Pendels von  $1^\circ,25$  als dem größten in KATER's Versuchen vorkommenden das Pendel um 0,1 Lin. verlängern, wenn sie auch nur eine Breite von 0,0043 Lin. hätte. BESSEL hat die GröÙe, um welche das physische Pendel hiernach verkürzt werden müßte, wenn dasselbe mit dem einfachen isochronisch schwingen soll, für die verschiedene Form der krummen Fläche berechnet, inzwischen würde es überflüssig seyn, die gefundenen Bestimmungen hier mitzutheilen, da dieser geübte Experimentator es selbst für unmöglich erklärt, die Gestalt einer gegebenen Messerschneide von der nöthigen Feinheit durch Beobachtung mit genügender Schärfe zu bestimmen. Wichtiger für die praktische Anwendung dagegen

---

1 Ann. de Chim. et Phys. II. 92. G. LVII. 225. Vergl. Th. Young in Phil. Trans. 1813. p. 96.

ist, was derselbe gleichfalls bewiesen hat, nämlich daß dieser Fehler nicht allezeit bei der Anwendung des Kater'schen Reversionspendels verschwinde, indem dieses nur dann der Fall sey, wenn beide Schneiden durch gleiche Cylinderflächen begrenzt sind. Man vermeidet jedoch den Einfluß derselben dann, wenn man beide Schneiden so einrichtet, daß sie verwechselt werden können, wodurch der Fehler auf die entgegengesetzte Seite fällt, und also verschwindet, wenn man die Pendellänge aus dem Mittel von zwei Versuchsreihen und Messungen bestimmt. Außerdem ist an sich klar, daß der Einfluß der Messerschneide so viel geringer seyn wird, je schärfer dieselbe ist, vorausgesetzt, daß sie nicht so dünn sey, um gebogen oder abgenutzt zu werden, weil sonst der Fehler noch bedeutender ausfällt, weswegen man den Winkel der sie einschließenden Ebenen wohl nicht kleiner als mindestens  $60^\circ$  machen wird, meistens ihn aber  $= 90^\circ$  nimmt. BRÜCKE hat seine Versuche auch so weit ausgedehnt, daß er bei einem für diesen Zweck eigends vorgereichten Pendel mit reciproken Axen die Messerschneiden nicht bloß verwechselte, sondern auch abstumpfte und selbst den Einfluß ihrer Abnutzung prüfte<sup>1</sup>. Als ein für die Wissenschaft höchst wichtiges Resultat geht hieraus hervor, daß man die Messerschneide vor und nach dem Gebrauche genau prüfen müsse, um sich zu überzeugen, daß dieselbe nach ihrer Länge völlig gerade oder daß eine an ihre Oberfläche gelegte, mit der Schwingungsaxe parallele Linie möglichst genau eine gerade, die gekrümmte Fläche aber so schmal sey, als sie sich darstellen läßt, welches Letztere man vermittelst eines Mikroskops prüft. Die Breite der durch BRÜCKE gebrauchten Messerschneide betrug nach der Abstumpfung 0,0216 par. Lin. und nach einer stärkeren Schärfung 0,0135 par. Linien, die beiden, deren sich BIOT und ARAGO bedienten, 0,0166 und 0,0023 par. Linien, weswegen die mit der letztern angestellten Versuche ein größeres Vertrauen verdienen, obgleich beide Beobachter keinen Einfluß dieses Unterschiedes auf die Resultate wahrgenommen haben,

---

<sup>1</sup> Das vom Capt. LUTKE auf der russischen Entdeckungsreise gebrauchte Pendel gab zu Greenwich nach der Rückkehr 0,6 Schwingungen mehr in 24 Stunden, woraus also eine Abnutzung der Messerschneide während des Gebrauchs folgte. S. Mém. de l'Acad. de Pétersb. 1830.

was BESSLER jedoch für eine Folge des Zufalls, namentlich der eigenthümlichen Krümmung beider Flächen hält. Gleich wichtig ist die Versicherung BESSLER's, daß nach seiner Ueberzeugung der Einfluß der Messerschneide auf die Länge des Pendels bei den durch KATZEN angestellten Versuchen, wo nicht ganz verschwindend, doch mindestens sehr gering gewesen sey, weil dieser Beobachter sich durch seine Genauigkeit eben-so sehr als seine Erfindungsgabe auszeichnet, weswegen seine ohnehin von dem sehr harten Wootz verfertigten Messerschneiden bei der auf sie verwandten Sorgfalt keine Abnutzung und keine größere, als etwa 0,001 einer Linie betragende Breite erwarten lassen. Die vielen, nach diesem ersten Normalpendel verfertigten ähnlichen sind indeß sämmtlich mit demselben verglichen worden, wodurch dann ein etwa vorhandener Fehler von selbst corrigirt wurde. Endlich versteht sich von selbst, daß die oberhalb der Schwingungsaxe befindliche Masse der Messerschneide genau durch ein Gegengewicht balancirt werden müsse, weil sie sonst dem Pendel entgegengesetzt schwingen und auf dessen Oscillationen störend einwirken würde.

Außer der Anwendung der Messerschneide zum Aufhängen der Pendel bedient man sich noch einer Klemme und des Abwickelungs-Cylinders. BESSLER's<sup>1</sup> Versuche mit allen diesen drei Arten des Aufhängens beweisen, daß die Klemme sowohl als auch der Abwickelungs-Cylinder den Mittelpunkt der Bewegung um einige Hunderttheile einer Linie zu tief geben, was allerdings zu berücksichtigen ist, wenn die absolute Länge des einfachen Pendels aus Versuchen mit einem einzigen solchen Pendel gefunden werden soll. Daß man sich jedoch hierzu gegenwärtig ganz allgemein anderer Mittel bediene, wird im nächsten Abschnitte (unter F) gezeigt werden.

Die Unterlagen der Messerschneide bei Pendelversuchen bestehn fast ohne Ausnahme aus Achatplatten, welche möglichst eben geschliffen sind und denen man daher keinen Einfluß auf die Pendellängen einräumt. Inzwischen wurde BESSLER aufmerksam auf einen möglichen Einfluß derselben durch die Resultate der Versuche, welche SABINE<sup>2</sup> mit den beiden von ihm gebrauchten Pendeln anstellte. Dieser prüfte nämlich nach seiner

<sup>1</sup> Dessen Untersuchungen S. 84.

<sup>2</sup> An Account of Experiments cet. p. 127 ff.



Rückkunft von der Reise beide von ihm benutzte Pendel Nr. 3. und Nr. 4. in London, um die Ueberzeugung zu erlangen, daß sie unterwegs keine Veränderung erlitten hatten, und fand dieses zwar allerdings, zugleich aber auch, daß das eine derselben Nr. 3. auf den Achatplatten des Kater'schen Pendels um  $1,46$  abwich, indem es täglich  $1,46$  Schwingungen mehr machte, während sich bei dem andern diese Abweichung nicht zeigte. Die genaueste Prüfung der gebrauchten Platten, der Kater'schen und der den Pendeln zugehörigen, die sich auch übrigens ganz gleich waren, ließ keinen Unterschied der Politur, Härte oder einer sonstigen Eigenthümlichkeit wahrnehmen, woraus man diesen Einfluß ableiten konnte, dessen Ursache um so weniger zu ergründen war, als er sich nur bei dem einen der gebrauchten Pendel zeigte. BESSLER<sup>1</sup> wurde indess hierdurch bewogen, das von ihm construirte Reversionspendel auf Unterlagen von ungleicher Härte und Form schwingen zu lassen, um den hiernach merklicheren Einfluß derselben aufzufinden. Die hierbei gebrauchten Unterlagen waren Platten von Achat, von mattgeschliffenem Glase und von Stahl, Glascylinder, Platten und Cylinder von Messing. Die erhaltenen Resultate ergaben, daß die ersten vier Unterlagen keinen Einfluß ausüben, denn wenn auch bei wiederholten vielen Versuchen sich ein kleiner Unterschied herausgestellt hätte, so war es doch nicht der Mühe werth, diesem weiter nachzuforschen, da SABINE's Versuche darthun, daß ein solcher auch bei verschiedenen Platten von gleicher Masse stattfinden kann. Ganz anders verhielt es sich jedoch, als Ebenen von gehämmertem und dann mattgeschliffenem Messing angewandt wurden. Im Allgemeinen waren nämlich die Schwingungszeiten beträchtlich kürzer, als auf härteren Unterlagen, jedoch hatte die Schneide keinen bleibenden Einschnitt erzeugt, sondern bloß eine schmale Fläche polirt, deren Breite mit dem Mikroskope nicht meßbar war. Bei der Anwendung von Messing-Cylindern zeigte sich ein sehr großer und mit den Elongationswinkeln veränderlicher Einfluß, auch waren in diesen Einschnitte von  $0,01$  bis  $0,013$  Lin. Breite, aber weit geringerer Tiefe erzeugt. Als Endresultat aller Versuche ergibt sich, daß die Schneide, indem sie sich in die Unterlage eindrückt, auch vielleicht Theile derselben über ihre ursprüng-

<sup>1</sup> Untersuchungen u. s. w. S. 84 ff.

liche Oberfläche erhöht, und dadurch, bei der Bewegung des Pendels, eine Bewegung der Materie der Unterlage erzeugt, sich nicht um ihre Schärfe, sondern um einen höhern oder niedrigeren Punct dreht, je nachdem niedrigere oder höhere Theile der Unterlage leichter ausweichen. Wie man auch diesem Einflusse bei der Anwendung des Reversionspendels entgegen könne, soll gleichfalls unter F gezeigt werden.

Da es keinen Körper giebt, welcher nicht einige, wenn auch nur geringe Elasticität zeigt, so unterliegt es keinem Zweifel, daß nicht bloß die Messerschneiden und ihre Unterlagen durch das Gewicht der schwingenden Pendel zusammengedrückt werden, sondern daß auch der Pendelfaden sich längen muß. Ueber die Elasticität der Messerschneiden hat TH. YOUNG<sup>1</sup> Untersuchungen angestellt und gefunden, daß ihr Einfluß unmerklich ist. Wären ferner die Elongationswinkel schwingender Pendel größer, als sie bei allen feinem Messungsversuchen zu seyn pflegen, so würde die Schwingkraft des aus größerer Höhe herabfallenden schweren Körpers wachsen, dadurch die Ausdehnung des Pendelfadens zunehmen und also für verschiedenen große Schwingungsbögen ungleich werden. Da aber jene kaum 1°,5 erreichen, auf jeden Fall diese Größe nicht übertreffen, so darf man annehmen, daß die Pendel stets gleichmäßig durch ihr eigenes Gewicht ausgedehnt sind und die Größe der Zusammendrückung der stets angewandten sehr harten Unterlagsplatten sich nicht ändert. Auf gleiche Weise geht aus den Versuchen über die Elasticität der Körper<sup>2</sup> genügend hervor, daß bei den feinen Pendeln die Größe der durch ihre Elasticität bewirkten Ausdehnung nur unmerklich ist und daher füglich vernachlässigt werden kann, obgleich KATER bei der Messung seines Secundenpendels es für rathsam hielt, dasselbe durch eine gleiche Kraft auszudehnen, als das eigene Gewicht desselben betrug. Man hat zwar theoretische Untersuchungen über Pendel mit elastischen Fäden angestellt, sollte aber ein genügendes Resultat hieraus hervorgehn, so müßten diese auf gleiche Weise mit Versuchen verbunden seyn, als die von BRASSER über den Einfluß der Unterlagen, Vorläufig darf

<sup>1</sup> Phil. Trans. 1818. p. 99.

<sup>2</sup> Vergl. *Elasticität* Bd. III. S. 181.

man eine deswegen anzubringende Correction für überflüssig halten<sup>1</sup>.

### e) Widerstand der Mittel gegen die schwingenden Pendel.

Eigentlich sollte das Pendel im luftleeren Raume schwingen, weil die auf dasselbe wirkende Kraft der Schwere, die durch  $g$  bezeichnet wurde, hierfür festgesetzt ist. Die Beobachtungen werden aber im luftgefüllten Raume angestellt, wobei noch obendrein die Dichtigkeit und Elasticität des Mediums einem Wechsel unterworfen ist. Dieser letztere kann zwar leicht durch gleichzeitige Barometer-, Thermometer- und Hygrometer-Beobachtungen auf eine normale Grösse zurückgebracht werden, allein es kommen dabei noch zwei andere schwierige Fragen in Betrachtung, nämlich zuerst, ob und inwiefern das Gewicht des pendelartig oscillirenden Körpers durch den statischen Einfluß der Luft vermindert wird, und zweitens, in welchem Grade die gleichzeitig in Bewegung gesetzte Flüssigkeit, die atmosphärische Luft, die Schwingungen verändert.

In Beziehung auf die erste Frage war man früher allgemein der Meinung<sup>2</sup>, daß die Schwere des Pendels um so viel vermindert werde, als die durch dasselbe verdrängte Luft wiegt, und daß demnach die Schwingungen desselben dieser Verminderung seiner Schwere proportional verzögert würden, weil sie ursprünglich als eine Function der letztern angenommen sind<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> BESSEL's analytische Untersuchungen über die Federkraft des Pendelfadens beziehn sich zunächst auf die Curve, in welche der elastische Pendelfaden bei den Schwingungen gebogen wird, jedoch erwähnt er zugleich auch die Ausdehnbarkeit desselben. S. dessen Untersuchungen u. s. w. S. 104 ff.

<sup>2</sup> Biot Astron. phys. T. III. Addit. p. 157. Recueil d'Observations etc. p. 441 ff.

<sup>3</sup> Man hat seit NEWTON allgemein angenommen, daß der Widerstand der Luft auf die Schwingungszeiten keinen Einfluß habe, weil derselbe für die halben Schwingungen entgegengesetzt und dadurch aufgehoben werde; dagegen solle eine vermehrte Dichtigkeit der Luft die Elongationswinkel ändern. DAVIES GILBERT in Journ. of Science, Lit. and Arts XXXIX. 69. findet, daß die Elongationswinkel, bei denen die entgegengesetzten Wirkungen sich vollkommen aufheben, für gewöhnliche Pendel  $1^{\circ} 56',5$ , für Mercatorialpendel  $1^{\circ} 32'$  betragen.

Um die deswegen erforderliche Correction auf die kürzeste Weise auszudrücken, sey das für Temperatur und Barometerstand corrigirte specifische Gewicht der Luft während des Versuchs  $= \mu$ ; das gleichfalls corrigirte mittlere des Pendels werde als Einheit angenommen, indem das Volumen des letztern zugleich als Einheit für beide gilt und also wegfällt, so ist sehr einfach, wenn die beobachteten und für die bereits angegebenen Einflüsse corrigirten Zeiten, Längen und Schwingungsmengen durch  $t$ ,  $L''$  und  $n'$ , die für den statischen Einfluß der Luft corrigirten aber durch  $t'$ ,  $\lambda$  und  $n''$  bezeichnet werden<sup>1</sup>,

$$t' = t (1 - \mu);$$

$$\lambda = L'' (1 + \mu);$$

$$n'' = n' (1 + \mu).$$

Es ist hierbei bloß nöthig, und bisher in der Anwendung auch so angenommen, daß man bei der Bestimmung der Größe  $\mu$  nur den Barometerstand und die Temperatur zu berücksichtigen habe, weswegen auch bei der (oben unter D) gegebenen Anweisung zur Beobachtung des Pendels die gleichzeitige Untersuchung des Feuchtigkeitszustandes der Luft vermittelt des Hygrometers nicht erwähnt ist. Außerdem aber hat P. VAN GALLEN<sup>2</sup> durch Rechnung gefunden, daß der Einfluß des Wasserdampfes in der Luft ganz unmerklich sey und daher füglich vernachlässigt werden könne. Wenn man übrigens das specifische Gewicht der Luft und das mittlere des gebrauchten Pendels beide auf Wasser im Punkte seiner größten Dichtigkeit nach der oben<sup>3</sup> angegebenen Methode reducirt und hiernach den Werth von  $\mu$  für den jedesmaligen Barometer- und Thermometer-Stand bestimmt, so ließe sich aus den dort angegebenen Bestimmungen leicht die Correction wegen des jedesmaligen Hygrometerstandes finden, noch leichter würde dieses jedoch durch unmittelbare Berechnung der hygrometrischen Messung<sup>4</sup>

1 Ist der bei der Bestimmung des spec. Gewichts der Luft angenommene normale Barometerstand  $= B$ , der beobachtete  $= b$ , die Temperatur bei der Messung  $= t$ , das auf 0° Temperatur reducirte spec. Gewicht der Pendelkugel gegen Luft  $= p$ , so ist bekanntlich

$$\mu = \frac{B (1 + t \cdot 0,00375) p}{b}$$

2 Disputatio mathem. inaug. de Pendulo eiusque adplicatione ad telluris figuram determinandam eet. Amst. 1830. gr. 4. p. 53.

3 Art. *Gewicht, specif.* Bd. IV. S. 1493 ff.

4 Art. *Hygrometer* Bd. V. S. 648.

geschehn können, jedoch scheint es mir überflüssig, die ohnehin weitläufigen Berechnungen der Pendelschwingungen durch diese unmerkliche Correction noch verwickelter zu machen.

Eine ausführliche Erörterung derjenigen Correction, welche daraus folgt, daß die Bewegung des Pendels zugleich auf alle Massentheile der gleichzeitig mit in Bewegung gesetzten Flüssigkeit vertheilt wird, ist durch BESSEL<sup>1</sup> mitgetheilt worden. Da sie sehr weitläufige Formeln erfordert und das erhaltene Resultat nach den neuesten Untersuchungen dennoch zweifelhaft bleibt, so begnüge ich mich damit, bloß die Hauptpunkte anzudeuten, um dadurch zu zeigen, auf welche Weise eine Untersuchung dieser schwierigen Aufgabe anzustellen sey, und verweise übrigens auf die angezeigte Quelle.

Heißt die Entfernung des Schwerpunkts eines pendelartig um eine horizontale Axe schwingenden Körpers  $s$ , seine Masse  $m$ , die Summe aller Massentheile in das Quadrat ihrer Entfernung von der Axe multiplicirt  $m(\mu + s^2)$ , so daß also  $m\mu$  das Moment der Trägheit für den Schwerpunkt ist, der Elongationswinkel  $u$ , die Länge des einfachen Secundenpendels  $\lambda$ , so hat man nach dem Satze von der Erhaltung der lebendigen Kraft für die Bewegung im leeren Raume die Differentialgleichung für die Geschwindigkeit

$$c = m(\mu + s^2) \left( \frac{du}{dt} \right)^2 - 2\pi^2 \lambda \cdot m s \cdot \cos. u.$$

Bewegt sich der Körper in einer Flüssigkeit, so erzeugt zuerst der Stofs desselben gegen immer neue Theile der Flüssigkeit in jedem Punkte des Raumes einen Verlust von Kraft, also eine Verminderung von  $c$ , welche von der Geschwindigkeit der Bewegung und der Form des Körpers abhängt und also durch  $\varphi \left( \frac{du}{dt} \right)$  bezeichnet werden kann. Indem sich aber der Körper während des Zeittheilchens  $dt$  durch das Raumtheilchen  $du$  bewegt, so darf man die Verminderung von  $c$  in diesem Zeittheilchen durch  $du \varphi \left( \frac{du}{dt} \right)$  bezeichnen und nach einem endlichen Zeitintervalle wird sich  $c$  in  $c - \int du \varphi \left( \frac{du}{dt} \right)$  verwan-

<sup>1</sup> Untersuchungen u. s. w. S. 32 ff. Daraus in RAUNGCARTER'S Naturlehre. Supplementband I. S. 301 ff.

dehn. Ferner kommt zum zweiten Gliede der Gleichung die Summe aller Theilchen der Flüssigkeit multiplicirt mit dem Quadrate der Geschwindigkeit, also  $\int v^2 dm'$  hinzu. End-

lich wird dem dritten Gliede die Summe der Producte des auf jeden Punct der Oberfläche wirkenden, nach der Richtung der Schwere zerlegten Druckes in die Entfernung von der durch die Drehungsaxe gelegten horizontalen Ebene, mit  $2\pi^2\lambda$  multiplicirt, hinzugefügt, welche  $= 2\pi^2\lambda m' s' \cos. u$  ist, wenn  $m'$  die verdrängte Flüssigkeit und  $s'$  die Entfernung des Schwerpunktes der Form des Körpers von der Axe bezeichnet. Liegen dann die Schwerpunkte der Masse und der Form des Körpers und die Drehungsaxe in einer Ebene, so ist

$$c - \int du \varphi \left( \frac{du}{dt} \right) = m (\mu + s^2) \left( \frac{du}{dt} \right)^2 + \int v^2 dm' - 2\pi^2\lambda (ms - m's') \cos. u.$$

In dieser Gleichung bezeichnet das erste Glied den Widerstand, welchen die Flüssigkeit gegen das bewegte Pendel ausübt, und welcher nur bewirkt, daß die Elongationswinkel allmählig abnehmen; für das letzte Glied hat man bisher  $s = s'$  angenommen, welches nur dann erlaubt ist, wenn das Pendel aus homogenen Theilen besteht. Am wichtigsten ist das zweite Glied und setzt die vollständige Integration von  $v^2 dm'$  voraus, welche aber nicht zu bewerkstelligen ist, so lange man das Verhalten der Flüssigkeit bei solchen Bewegungen nicht kennt. Liefse sich annehmen, daß jedes Theilchen derselben nur so lange in Bewegung bliebe, als sich das Pendel bewegt, so wären die Geschwindigkeiten beider einander proportional und man erhielte

$$\int v^2 dm' = m' K \left( \frac{du}{dt} \right)^2,$$

worin  $K$  eine beständige Größe bezeichnet. Die Schwingungszeit würde demnach durch die Integration der Gleichung

$$c = m \left( \mu + s^2 + \frac{m'}{m} K \right) \left( \frac{du}{dt} \right)^2 - 2\pi^2\lambda (ms - m's') \cos. u$$

erhalten oder das Pendel würde mit einem einfachen von der

$$\text{Länge} = \frac{\mu + s^2 + \frac{m'}{m} K}{s - \frac{m'}{m} s'}$$

gleichzeitig schwingen. BESSLER gesteht selbst zu, daß die hierbei zum Grunde liegende Annahme mit der wirklich stattfindenden Bewegung der Flüssigkeit nicht übereinstimme, glaubt jedoch durch eine allgemeine Voraussetzung über die Form dieses Integrals zu dem nämlichen nicht mehr hypothetischen Resultate zu gelangen. Es darf nämlich angenommen werden, daß der Werth, welchen das Integral allgemein für die Zeit  $t$  hat, nach der Vollendung von zwei Schwingungen wiederkehrt, wenn das Pendel so eingerichtet ist, daß es beim Hin- und Hergange der widerstehenden Flüssigkeit gleiche Flächen darbietet, was wohl ohne Ausnahme der Fall seyn wird. Mit Uebergang der ausführlichen Untersuchung wird es hier genügen, nur im Allgemeinen zu bemerken, daß demnach die Länge des einfachen, mit dem in der Flüssigkeit isochronisch schwingenden Pendels

$$= \frac{\mu + s^2 + \frac{m'}{m} K}{s \left( 1 - \frac{m' s'}{m s} \right)}$$

gefunden wird. Ob die hiernach hinzugekommene GröÙe  $K$  mit der GröÙe der Elongationswinkel sich verändert, muß sich daraus entnehmen lassen, ob diese durch die gewöhnliche Methode reducirt werden können, und da oben (unter a) gezeigt worden ist, namentlich durch die neuesten Versuche von SABINE, daß sich die größeren Elongationswinkel mindestens ohne merkliche Abweichungen auf verschwindend kleine durch die angegebene Methode reduciren lassen, so wird es unnöthig, diesen Theil der Aufgabe weiter zu berücksichtigen<sup>1</sup>. Besteht das Pendel aus einer an einem Faden aufgehängenen Kugel, so ist die Einwirkung der Flüssigkeit auf die Schwingungszeiten von der Länge des Pendels unabhängig oder das in der von BESSLER gewählten bequemen Formel, wonach das in der Luft schwingende Pendel

---

<sup>1</sup> BESSLER Untersuchungen S. 54. fand durch seine sehr feinen Versuche, daß der Werth von  $K$  mit abnehmenden Schwingungswinkeln zunimmt. Da man aber die sämtlichen Winkel auf einen mittlern reducirt, so wird dieses ausgeglichen, wenn nur der Werth von  $K$  gehörig bestimmt ist.

$$= \frac{\mu + s^2}{s - \frac{m'}{m} s} \left( 1 + \frac{m'}{m} k \right)$$

ist, vorkommende  $k$  hat für verschiedene Längen einen gleichen Werth. Um aber diese bisher ganz vernachlässigte GröÙe  $k$  aufzufinden, stellte BESSEL Versuche mit gleichen Pendeln an, bei denen die Kugeln jedoch aus Messing und aus Elfenbein bestanden, damit aus dem Unterschiede der Werthe, welchen  $k$  in beiden Fällen haben mußte, der absolute Werth desselben hervorgehn möchte. Als mittlern Werth aus 11 Bestimmungen mit der messingnen Kugel und aus 4 Bestimmungen mit der von Elfenbein ergab sich der Werth von  $k = 0,9459$ .

Sind im Allgemeinen Pendelschwingungen in der Luft auf die im leeren Raume zu reduciren, so ist die Länge  $L''$  des einfachen, mit dem in der Luft isochronisch schwingenden, nach der mitgetheilten Formel

$$L'' = \frac{\mu + s^2 + \frac{m'}{m} K}{s \left( 1 - \frac{m' s'}{m s} \right)}.$$

Heißt dann die Länge des einfachen, im leeren Raume schwingenden  $L$ , so ist

$$L = \frac{\mu + s^2}{s}.$$

Ist dann  $\frac{L}{L''} = M$  und  $s' = s$ , so ist

$$M = \frac{\mu + s^2}{s} \cdot \frac{s \left( 1 - \frac{m'}{m} \right)}{\mu + \frac{m'}{m} K + s^2},$$

und da die Schwingungszeit im leeren Raume  $t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2L}{g}}$  ist, so wird die corrigirte Zeit

$$t' = \frac{\pi}{2} \sqrt{\left[ \frac{2L}{g} \cdot \left( \frac{\mu + s^2}{s} \cdot \frac{s \left( 1 - \frac{m'}{m} \right)}{\mu + \frac{m'}{m} K + s^2} \right) \right]},$$

wodurch der Factor gegeben ist, womit man die gefundenen Schwingungszeiten multipliciren muß. Setzt man hierin



$(\mu + s^2)k$  statt  $K$  und wird das Quadrat von  $\frac{m'}{m}$  vernachlässigt, so erhält man den von BESSSEL<sup>1</sup> zur Reduction der französischen Pendelversuche angewandten Factor

$$t' = t \left( 1 - \frac{m'}{2m} (1 + k) \right).$$

BESSSEL<sup>2</sup> stellte zu größerer Vollständigkeit dieser Untersuchungen noch Versuche mit verschiedenen Pendeln, auch mit seinem Reversionspendel an, indem er sie im Wasser schwingen ließ; wobei sich jedoch ergab, daß die Gestalt derselben auf die Zeitdauer der Schwingungen einen allerdings merklichen Einfluß hat, so daß also seine Behauptung, die Größe  $k$  sey bei den Pendelschwingungen nicht zu vernachlässigen, vollkommen gerechtfertigt erscheint.

Neuerdings ist dieser Gegenstand theoretisch untersucht worden durch POISSON<sup>3</sup>. Dieser bezieht sich im Allgemeinen auf seine neuesten Untersuchungen über die Capillarität<sup>4</sup> und nimmt an, die Pressungen der Luft in den verschiedenen über einander liegenden horizontalen Schichtungen seyen nicht gleich, wodurch also eine Verminderung der Schwere des Pendels, unabhängig von seiner Gestalt, erzeugt werde. Außerdem aber wechsele die Dichtigkeit der umgebenden Flüssigkeit in Folge der durch die Bewegung erzeugten Condensationen und Dilatationen, so daß hiernach gleichfalls eine Verzögerung der Schwingungen entstehen müsse. Der Calcül giebt ihm eine tägliche Verzögerung des einfachen Secundenpendels von 9,39 Schwingungen. Dieses stimmt zwar mit den Resultaten der Versuche nahe genug überein, inzwischen scheint mir die zu suchende Größe so vielseitig bedingt und die genaue Bestimmung der mehrfachen Bedingungen so schwierig zu seyn, daß sie sich schwerlich auf eine andere Weise, als durch unmittelbare Erfahrung mit Sicherheit auffinden läßt.

Hiermit stimmen übrigens die Ansichten einiger der be-

1 Untersuchungen u. s. w. S. 59.

2 Ebend. S. 63.

3 Mémoire sur les mouvemens simultanés d'un pendule et de l'air environnant. Paris 1831. In Mém. de l'Acad.

4 Nouvelle théorie de l'action capillaire. Par S. D. POISSON. Par. 1831. 4.

deutendsten Gelehrten überein. BRASSEL<sup>1</sup> äufserte nämlich, daß das einfachste Mittel zu seyn scheine, Pendel in der Luft und im leeren Raume schwingen zu lassen, fürchtet aber, daß dieses Schwierigkeiten haben würde, welche Zweifel anderer Art erzeugen könnten. Leider hat der scharfsinnige Forscher die Schwierigkeiten nicht näher angegeben, um hiernach zu beurtheilen, ob dieselben wirklich bereits überwunden sind, oder nicht. Allerdings ist die Construction eines hierzu tauglichen Apparats mit großen Schwierigkeiten verbunden, welche jedoch durch die Erfindungsgabe des Capt. SABINE und die Geschicklichkeit der ihm zu Gebote stehenden Künstler glücklich überwunden zu seyn scheinen, so daß die von ihm erhaltenen Resultate bei der bekannten Genauigkeit seiner Experimente allerdings Zutrauen verdienen<sup>2</sup>. Er liefs nämlich in mehrmals wiederholten Versuchen die nämlichen Pendel in atmosphärischer Luft bei mittlerem Barometerstande, dann in ungleich verdünnter Luft und endlich auch in Wasserstoffgas schwingen und fand als mittleres Resultat, daß zur Reduction auf den leeren Raum täglich 10,36 Schwingungen hinzu addirt werden müssen, statt daß die Formel nur 6,26 gab, also 4,1 weniger, wonach also die gewöhnliche Correction im Verhältniß von 1,655:1 zu nehmen seyn würde. Merkwürdig war zugleich, daß die Verzögerung des Pendels in atmosphärischer Luft zu der im Wasserstoffgas bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke sich wie 5,25:1 verhielt, statt daß das Verhältniß 13:1 nach den Dichtigkeiten beider seyn sollte. Diese Abweichung leitet SABINE von einer gewissen Zähigkeit oder Klebrigkeit der Gase ab, inzwischen scheint es mir, daß sie vielmehr der bei beiden Gasarten gleichen Elasticität und dem hierdurch größtentheils bedingten Widerstande derselben beizumessen sey. Auch mit dem bekannten, durch KATSA gebrauchten Reversionspendel stellte er diese Versuche an und fand, daß bei Anwendung der (oben beschriebenen) größern hölzernen Endstücke (*tail pieces*) von 17 Zoll Länge mit dem größern Gewichte oben die täglichen Schwingungen um 16,1 Schwingungen, das größere Gewicht unten aber um 15,7 Schwingungen vermehrt werden

---

1 Untersuchungen n. s. w. 8. 87.

2 Phil. Trans. 1829. p. 207. Früher hat schon DRAHAN Pendel im luftverdünnten Raume schwingen lassen. 8. Phil. Tr. No. 294.

mussten. Wurden jene aber mit kleinern, nur 6,4 Zolle langen vertauscht, so betrug die Vermehrung im erstern Falle 14,9, im letztern 12,1 und bei der Anwendung von messingnen, 7' Zolle langen, im ersten Falle 12,8, im letztern nur 11,8 Schwingungen<sup>1</sup>. Wegen der ungleichen Anzahl der zur Correction erforderlichen Schwingungen in den beiden genannten Fällen wiederholte **SANJES**<sup>2</sup> die Versuche nochmals mit wo möglich vermehrter Genauigkeit und fand bei der Vergleichung der Schwingungsmengen im leeren Raume und in der Luft, daß die Schwingungen für einen ganzen Tag bei 30 Z. Barometerstand und 57°,3 F. Temperatur um 13,68 vermehrt werden müssen, wenn das größere Gewicht oben hängt, dagegen bei gleichem Barometerstande und 57°,4 F. Temperatur um 12,1 Schwingungen, wenn dasselbe unten hing, weswegen der Schieber auf 1,637 der Scale gestellt werden muß, wenn das Pendel ein eigentliches Reversionspendel seyn soll.

#### f) Reduction auf die Meeresfläche.

Die Schwere, welche die Pendelschwingungen bedingt, hat im Niveau des Meeres ihre normale Größe und wird daselbst als Einheit angenommen und durch  $g$  bezeichnet. Sie nimmt aber der Erfahrung nach ab, wenn man sich über den Spiegel des Meeres erhebt, und zwar den Quadraten der Entfernung proportional, die letztere nach dem Erdhalbmesser, als Einheit angenommen, gemessen<sup>3</sup>. Heißt daher der Erdhalbmesser  $r$ , die Erhebung über den Meeresspiegel  $h$ , die Schwere in dieser Höhe  $g'$ , so ist

$$g = g' \left( \frac{r + h}{r} \right)^2 = g' \left( \frac{r^2 + 2hr + h^2}{r^2} \right),$$

und weil  $\frac{h^2}{r^2}$  eine sehr kleine, der Beachtung nicht werthe Größe ist, in hinlänglich genähertem Werthe.

$$g = g' \left( 1 + \frac{2h}{r} \right).$$

Die Pendel müssen daher in meßbarer Erhebung über der Mee-

<sup>1</sup> Untersuchungen S. 331.

<sup>2</sup> Phil. Trans. 1831. p. 470.

<sup>3</sup> Einige allgemeine Betrachtungen über dieses Problem von LA PLACE findet man in Ann. de Ch. et Phys. XXX. 331.

resfläche langsamer schwingen, oder sie müssen verkürzt werden, wenn sie mit denen im Niveau des Meeres isochronisch schwingen sollen. Heißen also die bereits für die übrigen Bedingungen corrigirten Pendellängen und Schwingungszeiten  $L''$  und  $t'$ , die auf die Meeresfläche zu reducirenden aber  $\lambda$  und  $t''$ , so ist in hinlänglich genäherten Werthen, wenn man die Werthe von  $g$  und  $g'$  in die Formel für das einfache Pendel setzt,

$$t'' = t' \left(1 - \frac{h}{r}\right) \text{ und } \lambda = L'' \left(1 + \frac{2h}{r}\right).$$

THOMAS YOUNG<sup>1</sup> bemerkt in dieser Beziehung, daß bei dieser Correction zugleich die Anziehung der Bergmasse, über welcher die Messungen angestellt werden, zu berücksichtigen sey. Weil aber hierbei sowohl die Form als auch der Inhalt der Berge in Betrachtung kommen, die nicht allezeit bekannt sind, zumal da man meistens nicht wissen kann, ob die Berge bedeutende Höhlungen einschließen, so läßt sich hierüber nicht füglich eine allgemeine Anweisung geben. YOUNG meint indess, daß die Masse des Berges aus der Höhe selbst in genähertem Werthe entnommen werden könne, und werde dann im Mittel dessen Dichtigkeit = 2,5, die der Erde = 5,5 (beides wohl etwas zu groß) angenommen, so sey für mäßig steile Berge und für Hochebenen

$$\lambda = L'' \left(1 + 0,7 \frac{2h}{r}\right) \text{ und } \lambda = L'' \left(1 + 0,66 \frac{2h}{r}\right).$$

Daß die geognostische Beschaffenheit des Bodens auf die Pendelschwingungen einen merklichen Einfluß habe, hat insbesondere SABINE schon bei seinen frühern ausgedehnten Pendelmessungen aufgefunden<sup>2</sup>, noch neuerdings aber zeigten sich solche örtliche Einwirkungen bei der im Jahre 1827 durch eben diesen Beobachter angestellten Vergleichung der Pendelschwingungen zu Portland-Place (in London) und Greenwich. Es ergab sich nämlich, daß das Pendel an letzterem Orte täglich 0,48 Schwingungen mehr gab, statt daß es der Berechnung nach 0,27 weniger geben mußte, so daß also die Gesamtwirkung der örtlichen Einflüsse daselbst eine Vermehrung von 0,75 Schwingungen täglich betrug<sup>3</sup>. Ein gleiches Resultat geht aus der

1 Phil. Trans. 1819. p. 93.

2 Hiartüber und über andere Beobachtungen s. Art. Erde Bd. III. S. 910.

3 Phil. Trans. 1829. p. 83.

Pendelmessung hervor, welche CARLINI und PLANA auf dem Mont Cenis anstellten<sup>1</sup>, denn sie fanden die Länge des einfachen Secundenpendels dort = 993,708 Millim., statt daß sie nach andern genauen Bestimmungen = 993,498 Millim. seyn müßte.

## F. Anwendungen des Pendels zum praktischen Gebrauche.

Es ist schon im Anfange dieser Untersuchungen bemerkt worden, daß das Pendel oder daß die pendelartigen Schwingungen vielfach angewandt werden und daß die Construction dieses im Wesentlichen höchst einfachen Apparates nach der jedesmaligen Bestimmung mannigfaltig modificirt wird. Hiernach würde die Zusammenstellung der gesammten Anwendungen desselben von nicht geringem Umfange seyn, wenn sie auf Vollständigkeit Anspruch machen wollte; indess scheint mir dieses überflüssig und ich begnüge mich daher mit den wesentlichsten Andeutungen, aus denen sich dann alles Uebrige leicht entnehmen läßt.

### a) Einfaches Secundenpendel.

Die Hauptaufmerksamkeit der Physiker ist seit geraumer Zeit und vorzugsweise in den letzten Decennien darauf gerichtet gewesen, die Länge des einfachen Secundenpendels mit größter Schärfe aufzufinden, theils um hieraus die Schwere unter den verschiedenen Breitengraden und somit die Gestalt der Erde anzumitteln, theils um jene für irgend einen Breitengrad oder vielmehr irgend einen Hauptort genau bestimmte Größe als Norm für ein geregeltes Maßsystem zu benutzen oder mindestens beide mit einander zu vergleichen. Was in beiden Rücksichten bisher geleistet wurde, ist in der Hauptsache bereits mitgetheilt worden<sup>2</sup>, und es bleibt daher hier nur noch übrig, diejenigen Apparate etwas näher anzugeben, deren man sich zu diesem Zwecke bedient hat.

Da man nach den (unter C) mitgetheilten Bestimmungen die Längen und Schwingungszeiten verschiedener Pendel leicht und

<sup>1</sup> Effemeride di Milano 1824. App. p. 28.

<sup>2</sup> S. Art. *Erde* Bd. III. S. 879. und Art. *Maß* Bd. VI.

mit absoluter Genauigkeit auf einander zu reduciren vermag, so ist es unnöthig, die Pendel gerade so zu construiren, daß sie genau 86400 Secunden während eines Tages, sey es nach Sternzeit, oder, was gewöhnlicher ist, nach mittlerer Sonnenzeit, schwingen, auch würde diese Aufgabe fast unmöglich, auf jeden Fall schwieriger seyn, als das ganze Problem der Pendelmessung. Man begnügt sich vielmehr damit, die Länge eines gegebenen Pendels genau zu messen und aus der Anzahl seiner Schwingungen die Länge des einfachen Secundenpendels für den gegebenen Ort abzuleiten, oder man läßt das nämliche Pendel an verschiedenen Orten schwingen und bestimmt den Unterschied der Schwere aus den ungleichen Mengen seiner Schwingungen. Im letztern Falle ist es unnöthig, die absolute Länge des gebrauchten Pendels zu kennen, jedoch hat man gerade hierauf in den neuesten Zeiten die meiste Mühe verwandt. Weil es übrigens nicht hinreichendes Interesse gewähren kann, die gesammten einzelnen Versuche zur Auflösung dieses Problems und die vielfach abgeänderten Constructionen der Pendel zu beschreiben, so beschränke ich mich darauf, nur die drei wesentlichsten Arten solcher Pendel näher zu bezeichnen.

1) Das erste gemessene Secundenpendel war von einfachster Form und bestand aus einem dünnen Faden mit daran hängender Kugel von Blei oder gewöhnlicher von Messing. Eines solchen bediente sich schon GALILEO GALILEI<sup>1</sup> nach seinen ersten Beobachtungen der im Dome zu Pisa oscillirenden Kronleuchter, HUYGENS<sup>2</sup> aber bestimmte vermittelst eines solchen den Fallraum in einer Secunde zu 15 par. Fufs und 1 Z., indem er zugleich den dritten Theil desselben als allgemeines Normalmaß einzuführen vorschlug. Später bemühte sich DE MARIN<sup>3</sup>, die Länge des Secundenpendels für Paris genau zu messen, BOUGUER<sup>4</sup> verglich die Pendellängen unter dem Aequator und zu Paris. Der Faden zu diesen Pendeln wurde der Feinheit, Gleichförmigkeit und geringen Elasticität wegen zu-

---

1 Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove Scienze attinenti alla Meccanica cet. Disc. I. in Opere; Firenze. 1718. 4. III Tom. 4. T. II. p. 538. T. III. p. 171 u. 419.

2 Horologium oscillatorium. In opp. var. ed. s'Gravesande. L. Bat. 1724. IV T. 4. T. I. p. 87.

3 Mém. de l'Acad. de Par. 1735. p. 279.

4 Figure de la terre p. 342.

weilen von einer Aloe (*agave americana*) genommen (*file the pite*) und man nannte sie daher *Pitt-Pendel*; weil sie aber nicht anhaltend in der verticalen Fläche schwingen, sondern zuweilen mehr oder weniger rotiren, so untersuchte CLAIRAUT<sup>1</sup> den Einfluß dieser Bewegung auf die Pendellängen. Der nach DE MAIRAN's Methode construirten Pendel bediente sich auch GODIN<sup>2</sup> auf Domingo, GRAHAM in London und CAMPBELL auf Jamaica, jedoch bestand dieser Graham'sche Apparat aus einer kupfernen Kugel an einem feinen Kupferdrahte<sup>3</sup>. BOUGUER und CONDAMINE gebrauchten außer der Kugel ein Gewicht aus zwei mit ihren Grundflächen vereinten abgestumpften Kegeln<sup>4</sup>, stellten mit beiden und dem später zu erwähnenden unveränderlichen Pendel eine Menge Messungen an verschiedenen Orten der äquatorischen Zone an und ließen unter dem Aequator die dort gefundene Länge des einfachen Secundenpendels = 439,21 par. Lin. in ein steinernes Monument hauen<sup>5</sup>. Auch die von DARQUIER<sup>6</sup> zu Toulouse gemessene Pendellänge gehört unter die bekanntesten ältern, eben so wie die wegen des Luftwiderstandes nicht corrigirte von JACQUIER<sup>7</sup> für Rom gefundene Bestimmung von 39,0974 engl. Zollen.

BOUGUER<sup>8</sup> ist wohl der erste, welcher die Idee des unveränderlichen Pendels aus der bekannten Beobachtung von RICHER entnahm, daß dessen Uhrpendel auf Cayenne langsamere Schwingungen machte, und welcher diese Construction auf das einfache Mairan'sche Pendel anwandte. Diese unveränderlichen Pendel wurden an jedem einzelnen Beobachtungsorte nach einem genauen Maßstabe hergestellt und aus der Zahl ihrer Schwingungen berechnete man demnächst die dem Orte zugehörige Länge des einfachen Secundenpendels. Die ältesten

1 Mém. de l'Acad. de Paris 1735. p. 382. Eine allgemeine Untersuchung der Curven, worin solche Pendel schwingen, von MOLLENDRE findet man in G. XXIX. 194.

2 Mém. de l'Acad. 1734. p. 682.

3 Phil. Trans. 1734. p. 302.

4 Mém. de l'Acad. 1735. p. 705 ff.

5 Mém. de l'Acad. 1747. p. 515. CONDAMINE Joura. d'un Voyage cet. p. 99 u. 162.

6 Observations astronomiques faites à Toulouse. Par. 1782. p. 219.

7 Newton Phil. nat. princ. math. ed. Jacquier et Le Seur. T. I. p. 115.

8 Figure de la terre p. 388.

Beobachter gebrauchten daher entweder das Mairan'sche veränderliche oder das Bouguer'sche unveränderliche oder meistens beide in ihrer ursprünglichen Einfachheit. Unter andern geschah dieses durch JORGE JUAN und ANTONIO DE ULLOA<sup>1</sup> unter dem Aequator und zu Quito, durch LA CAILLE<sup>2</sup> auf dem Cap, durch LE GENTIL<sup>3</sup> zu Pondicheri, beide indem sie die Länge des Pendels in Paris als Einheit annahmen, und durch LULOF<sup>4</sup> zu Leiden. Des Mairan'schen Pendels bedienten sich außerdem hauptsächlich GRISCHOW<sup>5</sup> an verschiedenen Orten des russischen Reichs, MALLER<sup>6</sup> zu Petersburg und Ponoj in Lappland und RUMOWSKI<sup>7</sup> in einigen hoch nördlichen Gegenden. Alle diese Versuche sind ihrer Zeit zur Bestimmung der Erdgestalt benutzt worden. Wenn ich indess die minder bekannt gewordenen Untersuchungen über die Construction solcher Pendel übergehe, so verdienen v. ZACH's<sup>8</sup> Bemühungen noch kurz erwähnt zu werden. Um nämlich die Pendelversuche möglichst zu vervielfältigen, schlug er einen leicht zu transportirenden und überall an einer festen Wand leicht anzuheftenden Apparat vor, an welchem das Pendel durch Einklemmung des Aloefadens aufgehangen werden sollte. Statt der Kugel wählte er die mit ihren Grundflächen vereinten abgekürzten Kegel von Silber, oben und unten mit einem Schraubchen versehen, um den Faden festzuklemmen und zugleich den oscillirenden Körper umzukehren. Durch das Zusammenfügen der Kegel entstand eine scharfe Schneide, welche beim Oscilliren des Pendels auf einer hintern polirten und mit einer dünnen Lage von Lampenrufs bedeckten messingnen Tafel eine feine Linie zeichnete, deren Abstand vom Suspensionspunkte dann die Länge unmittelbar geben sollte, mit Rücksicht auf den Schwingungspunct, welcher bei dem

---

1 Observaciones astronomicas hechas de Orden de S. Mag. en as reynos del Peru. En Madrid 1748. p. 334.

2 Mém. de l'Acad. 1751. p. 436. 1754. p. 108.

3 Voyage dans les mers de l'Inde. Par. 1751. T. I. p. 453. T. I. p. 327.

4 Verhand. der Haarl. Maatsch. T. III. p. 419.

5 Nov. Comm. Pet. T. VII. p. 449.

6 Ebd. XIV. P. II. p. 28. Phil. Trans. 1770. p. 365.

7 Nov. Comm. Pet. T. XI. 474. T. XVI. 575.

8 Bonz Samml. astron. Abhandl. Erster Suppl. Bd. Gotha 1793. 8. 178. Daraus in Lichtenberg Mag. IX. I. 8. 142.



durch v. ZACH construirten Probependel 0,018 par. Lin. unter dem Schwerpunkte lag. Die Längenmessung endlich wurde mit einem Stangen-Cirkel angestellt, woran eine Ramsden'sche Mikrometerschraube bis 0,01 par. Lin. zu messen erlaubte. Mit diesem Apparate wurde die Länge des einfachen Secundenpendels zu Gotha für mittlere Sonnenzeit  $= 440,693$  par. Lin. bestimmt. Allerdings ist dieser Apparat sinnreich construiert, in-dels ergibt sich zugleich, wie viel weiter die Technik zur Herstellung so feiner Instrumente in unsern Zeiten vorgerückt ist.

In höchster Vollendung wurde DE MAIRAN's Pendel hergestellt und zur Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels benutzt durch DE BORDA<sup>1</sup> und CASSINI. Um kleinere Abweichungen leichter zu beseitigen, machte DE BORDA dasselbe 12 Fufs lang, wählte eine Kugel von Platin an einem sehr dünnen metallenen Faden, hing dieses an einer Messerschneide über Achatplatten auf, deren horizontale Lage genau nivellirt wurde, auch konnte die Messerschneide mittelst eines Gegengewichts an einer Schraube so balancirt werden, daß sie mit dem Pendel isochronisch oscillirte, und die Mengen der Schwingungen wurden mittelst der Coincidenzen gezählt, endlich wurde eine nivellirte Stahlplatte mikrometrisch bis zur Berührung mit der untern Fläche der Kugel erhoben, um die Länge des Pendels mit größter Genauigkeit zu messen. Aus zwei von DE BORDA zu Paris gebrauchten Pendeln folgt im Mittel die Länge des einfachen Secundenpendels daselbst  $= 0,993856463$  Meter. Solcher nach DE BORDA construirter Pendel, deren Länge jedoch mit der des Meters sehr nahe zusammentraf, bedienten sich nachher BIOT und ARAGO bei ihren Messungen in Frankreich, welche BIOT später nördlich bis Unst und östlich bis Fiume ausdehnte<sup>2</sup>, DUFRÉRY<sup>3</sup> und FREYCINET<sup>4</sup> sowohl in Frankreich, als auch auf ihren Entdeckungsreisen, und mehrere

1 Base du Système métrique. T. III. p. 337. Vergl. DELAMBRE Astronomie théorique et pract. T. III. p. 580.

2 Recueil d'observations géodésiques ect. par Biot et Arago. Par. 1821. auch T. IV. der Base métrique genannt; Biot in Mémoires de l'Académie roy. des Sc. Année 1825. T. VIII. p. 1 ff.

3 Conn. des Tems. 1826. p. 280. und 1830. Add. p. 83.

4 Freycinet Voyage autour du monde. Par. 1825. Observations du pendule. 1826. p. 25.

französische Gelehrte. Auch GASPARI und PRANA<sup>1</sup> bedienten sich bei ihrer Messung auf dem Mont Cenis dieses Borda'schen Pendels, mit der Abänderung, daß sie den Silberfaden nicht vermittelt einer Hülse (*colette*) in der Kugel befestigten, sondern ihn durch dieselbe steckten und mit einem Knoten befestigten, auch vertauschten sie die Messerschneide mit einem sehr feinen Cylinder, maßen dann die Länge des Fadens vom Aufhängepunkte desselben bis zu seinem Eintritte in die Kugel und den Durchmesser der letztern vermittelt eines stark vergrößernden Mikroskopes und eines Mikrometers. Mit einem von LENOIR verfertigten, durch BRISBANE nach Neuholland gebrachten Borda'schen Pendelapparate endlich maß RÜMKE<sup>2</sup> 1827. die Länge des einfachen Secundenpendels zu Paramatta unter  $33^{\circ} 48' 49'',79$  S. B. und fand diese = 992,405466 Millimeter.

2) Die Uebersicht der vielen, oben bereits erwähnten Schwierigkeiten, welche einer ganz scharfen Messung der Länge des einfachen Secundenpendels im Wege stehen und sich nur durch die höchste Sorgfalt beim Experimentiren, verbunden mit ausführlichen Corrections-Rechnungen, beseitigen lassen, führte auf die Idee, mehrere jener Schwierigkeiten dadurch zu umgehen, daß die Länge des Versuchspendels nicht unmittelbar, sondern daß nur der Längenunterschied zweier ungleich langer Pendel gemessen würde, um aus den Schwingungszeiten beider die Schwingungszeiten eines diesem Unterschiede an Länge gleichen Pendels zu finden, woraus dann bei genau gegebener Länge und Schwingungszeit dieses bloß durch Rechnung gefundenen Pendels die Länge des einfachen Secundenpendels leicht zu entnehmen war. Es ist bereits oben<sup>3</sup> erwähnt worden, daß zuerst HATTON diese Idee angab und WHITEHURST sie in Aus-

1 Effemeride di Milano 1824. App. p. 28.

2 Transact of the Roy. astronom. Soc. T. III. P. II. p. 277. Nach einer spätern Prüfung des gebrauchten Maßstabes würde diese gefundene Länge merklich größer werden, allein es ist kaum glaublich, daß ein solcher Unterschied sollte stattgefunden haben. S. Phil. Trans. 1829. P. III. p. 151. Außerdem stimmt der erhaltene Werth sehr genau mit andern Messungen unter ähnlichen Verhältnissen überein. In der Tabelle ist die endliche Bestimmung von BRISBANE aufgenommen.

3 Art. Maß Bd. VI.

führung brachte, auch hat später v. ZACH<sup>1</sup> einen solchen Apparat für die Sternwarte auf Seeberg verfertigen lassen; allein es scheint, daß die Technik damals noch nicht weit genug vorgerückt war, um so feine Apparate in genügender Vollendung herzustellen?; denn v. ZACH findet die Vorrichtung zu sehr zusammengestutzt und auf Reisen insbesondere nicht brauchbar, obgleich die Construction eines solchen Pendels keine größern Schwierigkeiten als die des Mairan'schen darbieten kann. Es ist mir indess nicht bekannt, daß jener Vorschlag später von irgend jemand in Anwendung gebracht worden sey, bis in den neuesten Zeiten BRASSL denselben für die Bestimmung der Pendellänge zu Königsberg benutzte. Der oben erwähnte, hierzu gebrauchte Apparat ist allerdings ein ganz anderer als derjenige, wozu HARTON und WHITENAST die rohe Idee angaben, er wurde vielmehr in höchster Vollendung durch den geübten REESOLD verfertigt und die Art seines Gebrauches bezeugte die umfangendste Kenntniß der hierbei in Betracht kommenden physikalischen Gesetze und die ausgezeichnetste Fertigkeit in der Kunst des Experimentirens. BRASSL's Untersuchungen und Messungen gehören daher unter die vorzüglichsten, welche die neueste Zeit im Gebiete der Naturforschung aufzuweisen hat. Inzwischen läßt sich zugleich nicht in Abrede stellen, daß ein solcher Apparat hauptsächlich nur dazu geeignet ist, um an Hauptstationen die absolute Länge des einfachen Secundenpendels aufzufinden; sollen dagegen die relativen Pendellängen an verschiedenen Orten der Erde, namentlich auf Reisen, bestimmt werden, so gewährt das unveränderliche Pendel in dieser Beziehung die leichtesten und sichersten Resultate.

3) BOUGUER's Vorschlag, das Mairan'sche Pendel als ein unveränderliches zu Versuchen anzuwenden, wurde durch CONDAMINE<sup>2</sup> verbessert, indem er eine eiserne Stange mit einer Linse von Blei mittelst der Messerschneide auf stählernen Cylindern als unveränderliches Pendel schwingen ließe.

1 BODE Samml. astr. Abh. 1. Suppl. Bd. 8. 175.

2 WHITENAST hat indess mit seinem Pendel sehr genau gemessen. Nach TROUGHTON fand er nämlich die Länge des einfachen Secundenpendels nach den erforderlichen Correctionen = 39,13916 bei 62° F., welches von KATER's Bestimmung = 39,1386 engl. Zollen nicht merklich abweicht. S. Edinb. Phil. Journ. I. 75.

3 Journal du Voyage etc. Par. 1751. p. 144.

Mit solchen Pendeln, wobei man in den meisten Fällen die schon durch ihren Gebrauch bekannt gewordenen zu erhalten suchte, wurden an verschiedenen Orten der Erde Versuche angestellt, indem man sich ihrer entweder allein oder in Verbindung mit dem MAIRAN'schen bediente. Dieses geschah hauptsächlich durch CONDAMINE<sup>1</sup> selbst an verschiedenen unter dem Aequator oder in geringem Abstände von demselben liegenden Orten, durch MAUFERTUIS<sup>2</sup> unter dem nördlichen Polarkreise mit einem von GRAHAM verfertigten unveränderlichen Pendel, durch LA CAILLE<sup>3</sup> zu Paris und auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung mit einem Pendel von dem nämlichen Künstler, insbesondere aber durch die Petersburger Akademiker an vielen Orten unter höhern Breiten. Unter die bekanntesten Messungen dieser Art gehören die von GRISCHOW<sup>4</sup>, welcher sein Graham'sches, aus einer fast 26 par. Zolle langen stählernen Stange mit einer Linse von 5,66 Zoll im Durchmesser bestehendes Pendel von LA CAILLE bekommen hatte, zu Petersburg, Arensburg, Pernaw, Dorpat und Reval, die von MALLET<sup>5</sup> mit dem durch DE LA LAMBE erhaltenen Pendel CONDAMINE's zu Petersburg und Ponoi in Lappland, desgleichen durch RUMOWSKI<sup>6</sup> mit eben diesem zu Selegtnsk, Archangel und Kola. Diese Pendel wurden zugleich mit einem Zeigerwerke versehen, um die Anzahl der Schwingungen zu zählen, was sie jedoch keineswegs vorzüglicher macht. Endlich sind hierhin auch die zahlreichen Beobachtungen MALESPINA's an verschiedenen Orten der neuen Welt unter höhern und niedern Breiten zu rechnen, welche mit einem unveränderlichen, aber leider nur aus einer tannenen Stange verfertigten Pendel angestellt und von den vielen unschätzbaren, mit großem Unrecht unterdrückten Resultaten jener Reise durch JABBO OLTMAANS<sup>7</sup> der Vergessenheit entrissen sind.

In größter Vollendung wurde das unveränderliche Pendel,

1 Mém. de l'Acad. 1745. p. 476.

2 Mém. de l'Acad. 1737. p. 465.

3 Mém. de l'Acad. 1751. p. 436. 1754. p. 108.

4 Nov. Comm. Pet. T. VII. p. 449. 465. 495. 514.

5 Ebend. T. XIV. P. II. p. 28. Collectio omnium observat., quae occasione transitus Veneris cet. institutae sunt, Petrop. 1770.

6 Nov. Comm. Pet. T. XI. p. 474. T. XVI. p. 575.

7 Crelle's Journ. für die reine und angewandte Math. Berlin 1829. Th IV. 8. 72.

sogleich als Reversionspendel, durch Capt. KATER so dargestellt, wie dasselbe bereits oben (unter B.-d.) nach seinen wesentlichsten Theilen beschrieben worden ist, so daß man seit dieser Zeit unter dem Ausdrucke *unveränderliches* oder *Kater'sches Pendel* nur dieses zu verstehn pflegt. Der Vorzug desselben besteht hauptsächlich in seiner Dauerhaftigkeit, indem die meisten nach langem Gebrauche auf weiten Reisen bei einer spätern Vergleichung am ursprünglichen Beobachtungsorte nicht einmal um eine einzige Schwingung während 24 Stunden abzuweichen pflegten, auch überheben sie den Beobachter der mühsamen Berechnung einiger der angegebenen Correctionen, namentlich der Aufsuchung des Mittelpunctes der Schwingung und der geometrischen Schwingungsaxe, wenn beide Schneiden zum Verwechseln eingerichtet sind. Insbesondere aber überzieht man bald, wie sicher und leicht es verhältnißmäßig ist, mit diesem Pendel bei seiner dauerhaften Unveränderlichkeit nach einmaliger genügender Regulirung vergleichbare Messungen an verschiedenen Orten der Erde anzustellen, die alsdann bloß der Correctionen wegen des Elongationswinkels, der Temperatur und der Erhebung über die Meeresfläche bedürfen, indem selbst der Widerstand der Luft bei ungleichem Drucke und verschiedener Wärme auf die bloß mit einander zu vergleichenden Resultate keinen merkbaren Einfluß haben kann. Ganz etwas anderes ist es aber, wenn an einem gegebenen Orte vermittelst desselben die absolute Länge des einfachen Secundenpendels bestimmt werden soll, und in dieser Beziehung hat namentlich BESSEL nachgewiesen, daß die Messung desselben manchen Bedingungen unterliegt, deren Einfluß man gemeiniglich nicht für so bedeutend zu halten pflegt. Der geringe Einfluß, welchen die cylindrische Form der Messerschneide hat, verschwindet von selbst, wenn beide Schneiden einander ganz gleich sind<sup>1</sup>, und es läßt sich von der Fertigkeit der ausgezeichneten Künstler, welche solche Apparate verfertigen, mit Grunde erwarten, daß sie dieses allezeit bis auf einen verschwindenden Unterschied erreichen, ausserdem aber kann jeder hieraus entspringende Fehler ganz beseitigt werden, wenn man die Messer-

---

<sup>1</sup> BESSEL's Untersuchungen S. 73. Vergl. Poisson in *Comptes rendus* des séances de l'Académie des sciences, tome 1833. Add. p. 41.

schneiden verwechselt und zwei Reihen von Versuchen, die eine vor, die andere nach der Verwechslung, anstellt.

Ungleich schwerer ist es dagegen, den Widerstand der Luft zu corrigiren, dessen Bedeutsamkeit sowohl aus den erwähnten Untersuchungen von BESSEL, als auch noch mehr aus den Versuchen von SABINE hervorgeht, indem nach den letztern die absolute Länge des einfachen Secundenpendels allerdings eine nicht unbedeutende Aenderung erhalten würde. Um auch diese Correction zu umgehn, bringt BESSEL<sup>1</sup> folgende sinnreiche Construction des Reversionspendels in Vorschlag. Dasselbe müßte eigentlich der äußern Figur nach symmetrisch seyn, und da es dieses der Masse nach nicht seyn darf, so wäre die metallene Stange mit zwei gegen diese gleichmäßig gerichteten, ganz gleichen Linsen zu versehen, deren eine hohl seyn, die andere dagegen mit Blei ausgefüllt werden müßte, wodurch also der Einfluß der Luft bei gleicher Temperatur und Dichtigkeit derselben wegfiele und nur in Beziehung auf Aenderungen dieser letztern eine unbedeutende Correction erfordern würde. Die bereits angegebene Verwechslung der Schneiden bleibt auch für dieses Pendel erforderlich, außerdem aber hält BESSEL es für besser, das bewegliche Gewicht ganz wegzulassen und das Pendel so zu construiren, daß es in der Luft auf beiden Schneiden gleichzeitige Schwingungen macht, welches dadurch erreicht werden kann, daß man die Stange anfangs etwas zu lang macht und sie dann an beiden Seiten symmetrisch so lange verkürzt, bis die Schwingungszeiten vor und nach der Umkehrang nahe gleich sind. Das bewegliche Gewicht soll dann wegbleiben, allein es scheint mir, daß man dasselbe nur so klein machen dürfe, daß sein übriger Einfluß verschwindet, und es gerade nur hinreicht, um die Gleichheit der Schwingungszeiten auf beiden Messerschneiden vollständig zu erreichen.

Der hier erwähnten Construction ist diejenige sehr ähnlich, welche CARLINI<sup>2</sup> in Vorschlag gebracht hat, zunächst um den Einfluß der ungleichen Dichtigkeit der Luft auf die Pendelschwingungen zu corrigiren, welcher nach seiner Berechnung bis auf eine Zeitscunde binnen 24 Stunden steigen kann. Der

<sup>1</sup> Untersuchungen u. s. w. S. 96.

<sup>2</sup> Bruguatelli Giorn. di fis. chim. etc. 5 bim. 1825. p. 538.

Widerstand der Luft wird nämlich die Schwingungen im Verhältniß der Dichtigkeit dieses widerstehenden Mittels verzögern, indem für die Dichtigkeiten  $D$  und  $\delta$  die beschleunigende Kraft der Schwere  $g' = g \left(1 - \frac{\delta}{D}\right)$  wird, wenn die Linse unter der Umdrehungsaxe hängt. Man soll daher das Pendel mit zwei Linsen versehen, die eine unter und die andere über der Umdrehungsaxe. Heißt dann das Volumen der untern  $V$ , ihre Dichtigkeit  $D$  und ihr Abstand von der Umdrehungsaxe  $y$ , bezeichnen dagegen  $v$ ,  $d$  und  $x$  eben diese Größen für die obere und nennt man  $L$  die Länge des einfachen im leeren Raume schwingenden Pendels, die veränderliche Dichtigkeit der Luft aber  $\delta$ , so ist

$$L = \frac{y^2 D V + x^2 d v}{y(D - \delta) V - x(d - \delta) v},$$

und der Einfluß der veränderlichen Dichtigkeit wird wegfallen, wenn die beiden die GröÙe  $\delta$  enthaltenden Factoren sich gegenseitig aufheben, oder wenn  $yV = xv$  wird, d. h. wenn die Volumina der Linsen ihren Abständen von der Drehungsaxe umgekehrt proportional sind. Es scheint als ob dieses Resultat von der Dichtigkeit der Linsen ganz unabhängig sey, allein für  $D = d$  wird der Nenner  $= 0$ , und beide Größen müssen daher sehr ungleich seyn, damit die beschleunigende Kraft der Schwere eine nur geringe Aenderung erleidet; außerdem aber muß das Verhältniß der Größen  $y$  und  $x$  so gewählt werden, daß das Pendel keine unförmliche Gestalt erhält. CARLWIT schlägt daher vor,  $x = 0,1 y$  zu nehmen, für welchen Fall dann die obere Linse aus Holz bestehn oder noch besser eine hohle metallene seyn müßte<sup>1</sup>.

Eine vollständige Theorie des Reversionspendels nach den in POISSON'S Mechanik enthaltenen Gesetzen hat LUNBOK<sup>2</sup> mitgetheilt und darin die Fehler nachgewiesen, welche bei unrichtiger Construction desselben entstehen, ohne jedoch den so eben erörterten störenden Einfluß der Luft zu berücksichtigen. Hiernach erzeugt eine Abweichung der Messerschneiden im Azimuth keinen merklichen Fehler, dagegen giebt eine Abwei-

1 Ueber den Einfluß der verdichteten Luft auf den Gang der Chronometer s. HARVEY in Phil. Trans. 1824. P. II. p. 572 ff.

2 Phil. Trans. 1830. p. 201.

chung von einem Grade in der Höhe eine tägliche Vermehrung der Schwingungen um 3, und eine Abweichung von der Horizontalität der Achatplatten im Betrage von 10 Minuten giebt sogar eine Vermehrung von 6 Schwingungen täglich; beide Fehler verlängern also den Abstand beider Messerschneiden von einander, wenn diese als das richtige Maß des einfachen Pendels gelten soll. Zugleich hat er auch gefunden, daß man die Achatplatten am Pendel befestigen und auf einer Messerschneide des Gerüstes schwingen lassen könnte, in welchem Falle der Abstand der Platten die gesuchte Länge geben würde.

Das Kater'sche Reversionspendel ist vorzüglich von den Engländern in Anwendung gebracht worden, theils um die absolute Länge des einfachen Secundenpendels aufzufinden, theils um die Abplattung der Erde zu bestimmen. Unter die vorzüglichsten Bemühungen dieser Art gehören insbesondere die ersten Beobachtungen von KATER selbst, theils zur Auffindung der absoluten Länge des einfachen Secundenpendels<sup>1</sup>, theils zur Messung der Pendellängen an allen Hauptstationen der bekannten englischen Gradmessung<sup>2</sup>. Noch ungleich häufiger hat sich SABINE desselben bedient, sowohl zu seinen größtentheils schon erwähnten Versuchen zu London, als auch insbesondere zu seinen Messungen der Pendellängen an verschiedenen Orten der Erde, zu welchem Zwecke noch außerdem eine Menge oben<sup>3</sup> bereits genannter Gelehrten die von dem *Board of Longitude* zu London angeschafften Pendel benutzt haben. Nachträglich theils ich daher hier nur die mir später bekannt gewordenen wichtigeren Messungen mit. Dahin gehören vorzüglich die durch FORSTER<sup>4</sup> zu Port-Bowen, welcher die Länge des einfachen Secundenpendels zu Greenwich = 39,13911, zu Port-Bowen = 39,203468 engl. Zolle fand und hieraus die unter dem Aequator = 39,009797 engl. Zolle der Scale von SMUCKERUP ableitet. Ferner maßen SVANBERG und CRONSTAND<sup>5</sup> die

1 Phil. Trans. 1818. p. 87.

2 Ebend. 1819. p. 330 u. 416. Edinb. Phil. Journ. N. IV. p. 319.

3 S. Art. Erde. Bd. III. S. 879 ff.

4 Journal of a third Voyage for the discovery of a North-West passage etc. of Capt. W. E. PARRY. Lond. 1826. 4. App. Vergl. Phil. Trans. 1826. P. IV. p. 62.

5 Stockholmer Denkschr. 1825. 1. Darans in Journ. of the Roy. Instit. XLIII. 152.



Länge des einfachen Secundenpendels auf dem Observatorium zu Stockholm unter  $59^{\circ} 20' 43''$  N. B. und fanden diese auf den leeren Raum und den Meeresspiegel reducirt  $= 39,165414$  engl. Zolle.

Unter die wichtigsten Anwendungen desselben gehören die Messungen, welche FEARON FALLOWS<sup>1</sup>, Director der Sternwarte auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung, in Verbindung mit Capt. RONALD und Lieutenant JOHNSON dort anstellte. Das gebrauchte Exemplar war das Nr. 4. bezeichnete, von JONES in London verfertigte und von SABINE und KATER zu Portland-Place mehrfach geprüfte. Die erforderlichen Correctionen sind nicht bloß durch die Beobachter vorgenommen worden, sondern auch durch SABINE, die Resultate stimmen hiernach genau darin überein, daß das Secundenpendel in London täglich 86164,64, auf dem Cap unter  $33^{\circ} 55' 56''$  S. B. aber 67,12 Schwingungen weniger, also 86097,52 Schwingungen macht. Die Länge des Kater'schen Normalpendels für Portland-Place unter  $51^{\circ} 31' 8'',4$  N. B. ist aber  $= 39,13908$  engl. Zolle, mithin ist die Länge des einfachen Secundenpendels auf dem Cap unter der angegebenen S. B., wenn sie nach der oben unter C. angegebenen Formel aus den Schwingungen berechnet wird,  $= 39,07813$  engl. Zolle. Auf gleiche Weise erhielt SCHUMACHER das zu Greenwich unter  $51^{\circ} 28' 40'',4$  N. B. probirte Pendel Nr. 12, um dessen Schwingungen zu Altona zu zählen. Nach allen Reductionen fand sich, daß dasselbe am erstern Orte 85969,77, am letztern aber 85979,1 Schwingungen machte, folglich am letztern 9,33 Schwingungen täglich mehr; mithin ist die auf gleiche Weise gefundene Pendellänge für Altona unter  $53^{\circ} 32' 45'',27$  N. B.  $= 39,14757$  engl. Zolle.

Bei weitem die bedeutendsten unter den Pendelmessungen der neuesten Zeit sind aber diejenigen, welche auf der russischen Entdeckungsreise unter Capt. LUTKE angestellt wurden<sup>2</sup>. Hierzu wurde ein in London verfertigtes, vor und nach der Reise zu Greenwich geprüfetes Kater'sches Reversionspendel verwandt, welches nach den erforderlichen Correctionen folgende auf den Meeresspiegel und die in England übliche Normaltemperatur von  $62^{\circ}$  F. reducirt Länge in engl. Zollen gab.

1 Phil. Trans. 1830. p. 156.

2 Mém. de l'Acad. de Petersb. 1830.

Orte.	Polhöhen.	Längen.
Ualan . . . .	5° 21' 16"	n 39,02756
Guahan . . . .	13 26 21	n 39,03242
St. Helena . .	15 54 59	s 39,03933
Boni . . . .	27 4 12	n 39,06980
Valparaiso . .	33 2 30	s 39,07533
London . . . .	51 31 8	n 39,13929
St. Peter und Paul	53 0 53	n 39,14838
Sitka . . . .	57 2 58	n 39,15810
St. Petersburg .	59 56 31	n 39,16950

Nach LUTKE weichen die Messungen zu Greenwich, Petersburg, St. Peter u. Paul, Valparaiso und Boni höchstens um 0,1 Schwingungen täglich, die zu Sitka und Ualan um 0,25 und die zu Guahan und St. Helena höchstens um 0,5 Schwingungen täglich von der Wahrheit ab.

Wenn von der Länge des einfachen Secundenpendels die Rede ist, so muß vor allen Dingen Folgendes berücksichtigt werden. HUYGENS, der eigentliche Erfinder des Pendels, glaubte, das Secundenpendel sey an allen Orten der Erde von ganz gleicher Länge, allein NEWTON<sup>1</sup> zeigte richtig, daß die Längen an verschiedenen Orten sich wie die Schweren verhalten müßten. Wäre demnach die Länge desselben unter einer gewissen Polhöhe, wozu man in der Regel die unter dem Aequator anzunehmen pflegt, und die Abplattung der Erde, mithin auch die Zunahme der Schwere nach dem Pole hin mit völliger Genauigkeit bekannt, so könnten hieraus die Pendellängen für jeden Ort scharf berechnet werden; allein keine dieser beiden Bestimmungen genügt denjenigen Anforderungen, welche man gegenwärtig an solche Messungen macht, und man hat daher vielmehr den umgekehrten Weg gewählt, nämlich durch die genauesten Messungen an verschiedenen Orten sowohl die Pendellänge unter dem Aequator, als auch die Zunahme der Schwere nach den Polen hin auszumitteln. Daß die letztere den Quadrat des Sinus der Breite proportional sey, also  $= y \sin. ^2 \varphi$ , wenn  $\varphi$  die Polhöhe bezeichnet, unterliegt keinem Zweifel<sup>2</sup>; allein der beständige Coefficient  $y$  muß durch Versuche aufgefunden werden, und da diese insgesamt mit Beobachtungsfehlern,

<sup>1</sup> Phil. nat. Princ. math. L. III. prop. 20.

<sup>2</sup> Vergl. Art. Schwere.

größern oder geringern, bis zu verschwindend kleinen, behaftet sind, örtliche Einflüsse auf die gemessenen Pendellängen nicht zu rechnen, so begreift man leicht, daß die Bestimmung des beständigen Coefficienten  $y$  hiernach verschieden ausfallen muß.

Die wichtigste unter den verschiedenen Bestimmungen von  $y$  ist wohl diejenige, welche SABINE aus allen seinen vielen Messungen entnommen hat<sup>1</sup>, wonach in englischem Maße die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator auf den leeren Raum und den Meeresspiegel reducirt = 39,01520 engl. Zolle und  $y = 0,20245$  Z. seyn soll. Diese betragen in französischen Linien der Toise von Peru 439,2984 und 2,27932 par. Linien<sup>2</sup>. An Umfang und Wichtigkeit kommen diesen nahe die Messungen, welche auf der Entdeckungsreise des Capt. L. DE FREYCINET angestellt, nachher berechnet und mit andern frühern und auch spätern in einem ausführlichen Werke zusammengestellt wurden<sup>3</sup>. Da das Ganze später in der demnächst zu erwähnenden großen Abhandlung von BROU über diesen Gegenstand benutzt worden ist, so genügt es hier anzugeben, daß als Endresultat die Länge des einfachen Secundenpendels  $L = 991,02557$  und  $y = 5,07188$  Millim. gefunden wird, woraus dann eine Abplattung =  $\frac{1}{11}$  folgt. Diesen Messungen dürfen die oben bereits mitgetheilten, zahlreichen und vorzüglich genauen angereicht werden, welche Capt. LUTKE auf der russischen Entdeckungsreise bewerkstelligte. Aus ihnen allein folgt die Länge des einfachen Secundenpendels = 39,02422 und  $y = 0,191787$  engl. Zolle, woraus dann eine Abplattung =  $\frac{1}{26777}$  hervorgeht, mit Weglassung der Messungen zu Boni und Valparaiso aber wird jene Größe = 39,023923 und  $y = 0,192535$

1 S. Art. *Erde* Bd. III. 8, 904.

2 BESSEL Untersuchungen u. s. w. S. 62. findet statt dessen 439,2975 und 2,28174 par. Lin., inzwischen ist das bei der Reduction zum Grunde liegende Verhältniß nicht angegeben, welches ich aus den neuesten Bestimmungen entnommen habe. Vergl. Art. *Mafs* b) engl. Mafse.

3 Observations du pendule, faites dans le voyage autour du Monde, pendant les années 1817, 1818, 1819 et 1820; par M. L. DE FREYCINET. Par. 1826. 4. Sie bilden die erste Hälfte des 6ten Bandes des Voyage autour du Monde und enthalten zugleich die Formeln zur Correction der gemessenen Pendellängen.

engl. Zolle, welches eine Abplattung  $= \frac{1}{118}$  giebt. Durch Reduction dieser Werthe auf par. Linien erhält man aus den obem 439,40000 und  $y = 2,15945$  par. Lin., aus den untern 439,3968 und  $y = 2,16788$  par. Linien; durch Reduction auf metrisches Mafs aber erhält man aus der ersten Bestimmung  $L = 991,2193$  und  $y = 4,87141$ , aus der zweiten aber  $L = 991,2120$  und  $y = 4,89041$  Millimeter.

IVORY<sup>1</sup> findet aus den gemessenen Pendellängen eine hiervon etwas abweichende Gröfse, nämlich die Länge des Secundenpendels unter dem Aequator  $= 39,01335$  und  $y = 0,2056$  engl. Zolle. GALBRAITH<sup>2</sup> hält sich hauptsächlich an die Messungen von KATER und BIOT, berücksichtigt jedoch auch die übrigen und findet hiernach die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator  $= 39,011654$  und  $y = 0,209068$  engl. Zolle. FRANCOEUR<sup>3</sup> nimmt eine Abplattung von  $\frac{1}{110}$  an und findet aus den gemessenen Pendellängen die des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator  $= 990,9262$  und  $y = 5,152813$  Millimeter, welche Gröfse ich deswegen nicht reducire, weil sie zu sehr von spätern genauen Bestimmungen abweicht. Ueberhaupt stehn die ältern Messungen den neuesten so weit nach, dafs die Mittheilung der daraus entnommenen Gröfsen gegenwärtig nur noch historisches Interesse haben kann. Die wichtigste unter den ältern Bestimmungen ist die von KRAFT<sup>4</sup>, welcher vorzüglich die Messungen der französischen Akademiker unter niedern und der Petersburger Akademiker unter höhern Breiten verglich, hiernach die Pendellänge unter dem Aequator  $= 439,178$  und  $y = 2,321$  par. Lin. fand und mit Benutzung dieser Gröfsen die Pendellängen nach der angegebenen Formel vom Aequator bis zu den Polen berechnete, die mit den Messungen sehr nahe übereinstimmten. Schon 1731 mafs CAMPBEL<sup>5</sup> die Pendellänge auf Jamaica und zu London und bestimmte hiernach die unter dem Aequator  $= 39,00$  engl. Zolle und  $y = 0,206$  engl. Z. Wenig abweichend hier-

1 Phil. Mag. and Ann. 1823. T. III. p. 165.

2 Phil. Mag. LXIV. 163. LXV. 12.

3 Nouveau Bullet. des Sciences par la Soc. phil. 1825. Sept. p. 129.

4 Comm. Pet. T. VIII. p. 238.

5 Phil. Trans. Nr. 432.

von sind die Größen, welche Capt. JOHN WARREN<sup>1</sup> aus seiner Messung auf Madras und zu London ableitet, nämlich 38,987 oder nahe = 39 und  $y = 0,207$  engl. Zolle.

Nach der allgemeinen Einführung des Decimalmaasses wollte man in Frankreich dasselbe auch auf die Eintheilung der Zeit anwenden, wonach auf einen Tag 100000 Secunden kommen würden. Diesem gemäß sind die frühern Berechnungen der Länge des Secundenpendels namentlich durch BIOT<sup>2</sup> gemacht worden, wonach mit Anwendung der angegebenen Formel

$\lambda = A + y \sin.^2 \varphi$  die Länge des einfachen Secundenpendels  $A = 739,704212$  und  $y = 3,965212$  Millimeter seyn sollte.

GALBRAITH<sup>3</sup> reducirt dann mit Anwendung der bekannten Formel diese Länge auf englisches Mafs und findet die Länge des englischen Secundenpendels  $L = (\frac{3}{4}\frac{1}{8})^2 \lambda$  oder  $(\frac{3}{4}\frac{1}{8})^2 \times 39,37079 = 52,74079$  engl. Zolle nach SHUCKBURGH's Scale, das Meter bei 0° C. und die Scale bei 62° F. angenommen. Nach BIRD's Parlamentmafs ist  $L = 52,740564$  engl. Zolle. KATER<sup>4</sup> endlich findet aus seinen Pendelmessungen zu Unst und Dunnose die Länge des einfachen sechzigtheiligen Secundenpendels unter dem Aequator = 39,00734 engl. Zolle, IVORY<sup>5</sup> aber hat gleichfalls bei seiner spätern Untersuchung zur Bestimmung des numerischen Werthes der Größen in seiner Formel, wonach

$l = \lambda (1 + f \sin.^2 \varphi)$  und  $f = \frac{1 - A}{A \cdot \sin.^2 \varphi}$  ist, keineswegs

die neuesten genauesten Messungen mit berücksichtigt.

Der angegebenen Formel, wonach  $\lambda = A + y \sin.^2 \varphi$  seyn soll, wenn  $\lambda$  die corrigirte Pendellänge,  $A$  diese Gröfse unter dem Aequator und  $\varphi$  die Polhöhe bezeichnet, liegt die bisher allgemein und auch von mir im Art. *Erde* angenommene Voraussetzung zum Grunde, dafs die Erde mit Ausnahme einiger örtlicher Abweichungen im Ganzen ein regelmäfsiges elliptisches Sphäroid bilde. Aus den neuesten Gradmessungen,

1 Asiatic Researches T. XI. Art. 5.

2 Recueil d'Observations cet. Par. 1821. p. 441 ff.

3 Phil. Mag. Nr. LXV. p. 22. Das erhaltene Resultat ist übrigens das entgegengesetzte von dem gesuchten, indem das Decimalsecundenpendel das kürzere ist und nach Kater's Bestimmung vielmehr  $= (\frac{3}{4}\frac{1}{8})^2 \times 39,13908 = 29,217166$  engl. Zolle seyn würde.

4 Phil. Trans. 1819. p. 415.

5 Phil. Mag. and Ann. of Phil. T. VII. p. 412.

namentlich der durch GAUSS<sup>1</sup> vollführten Hannöverschen, folgt jedoch evident, daß die Abplattung der Erde unter den Polen am geringsten und unter dem Aequator am stärksten ist, einzelne örtliche Abweichungen auch von dieser Regel nicht gerechnet<sup>2</sup>, und eben dieses folgt auch aus den neuesten Messungen der Pendellängen, namentlich denen von BIOT<sup>3</sup> im südlichen Frankreich und Italien. Bei dieser Uebereinstimmung zahlreicher und mit der höchsten Genauigkeit angestellter Messungen, können wir dasjenige Endresultat, welches Biot am diesen entnommen hat, als richtig betrachten, nach welchem die *Abplattung* der Erde von 0° bis 45° im Mittel  $\frac{1}{276,18}$ , von 45° bis 90° aber  $\frac{1}{306,33}$  und von 0° bis 90° endlich  $\frac{1}{290,59}$  beträgt, und da diese letztere mittlere Bestimmung für die ganze Erde von der oben<sup>4</sup> angenommenen, nämlich  $\frac{1}{289,1}$ , nur unmerklich abweicht, so sind auch die dort mitgetheilten Dimensionen als genugsam genähert schon deswegen zu betrachten, weil diejenigen unter ihnen am wichtigsten sind, die niedern und mittlern Breiten angehören, wo die Abplattung verhältnißmäßig am stärksten ist. Mit Rücksicht auf diese verschiedene Abplattung ist dann die Pendellänge in Millimetern

von 0° bis 45° = 991,027015 + 4,986672 Sin.<sup>2</sup> φ,

von 45° — 90° = 991,027015 + 5,337224 Sin.<sup>2</sup> φ,

von 0° — 90° = 991,027015 + 5,161948 Sin.<sup>2</sup> φ,

welche Bestimmungen für alle wissenschaftliche, um so mehr aber alle technische, Zwecke als völlig genügend zu betrachten sind. Es verlohnt sich allerdings der Mühe, diese Angaben auf altfranzösisches und englisches Maß nach den genauesten mir

1 Diese von mir Bd. III. S. 860. nur vorläufig erwähnte, damals noch unvollendete, höchst genaue Gradmessung in den Ebenen Lüneburge, welche sich an die durch SCHUMACHER in Holstein angestellte anschließt, ist seitdem benutzt worden von J. C. E. SCHMIDT in: Lehrbuch der mathem. und phys. Geographie 2Th. 8. Gött. 1829. Th. I. S. 192.

2 GAUSS Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Göttingen und Altona. Gött. 1828. J. C. E. SCHMIDT in SCHUMACHER Astron. Nachrichten 1829. Nr. 161.

3 Mém. de l'Acad. Roy. des Sciences. Par. 1829. T. VIII. p. 1 ff. Auch diese Messungen konnten von mir im Art. Erde Bd. III. S. 903. noch nicht benutzt werden.

4 Art. Erde Bd. III. S. 990.

darüber zu Gebote stehenden Bestimmungen zu reduciren<sup>1</sup>. Diesemnach wären also die Pendellängen in Linien der Toise von Peru, wenn das Meter = 443,296 Lin. angenommen wird,

$$\text{von } 0^\circ \text{ bis } 45^\circ = 439,318248 + 2,210578 \cdot \sin.^2 \varphi,$$

$$\text{von } 45^\circ - 90^\circ = 439,318248 + 2,365969 \sin.^2 \varphi,$$

$$\text{von } 0^\circ - 90^\circ = 439,318248 + 2,288303 \sin.^2 \varphi.$$

Soll aber die Reduction so angestellt werden, daß die Toise statt der Normaltemperatur von 16°,25 C. gleichfalls bei 0° C., eben so wie das Meter, angenommen würde, welches allerdings wohl richtiger ist, wonach das Meter 443,379273 ... Linien beträgt, so wären die Längen

$$\text{von } 0^\circ \text{ bis } 45^\circ = 439,400837434 + 2,210998 \sin.^2 \varphi,$$

$$\text{von } 45^\circ - 90^\circ = 439,400837434 + 2,366414 \sin.^2 \varphi,$$

$$\text{von } 0^\circ - 90^\circ = 439,400837434 + 2,288734 \sin.^2 \varphi.$$

Wird bei der Reduction auf englisches Maß das Meter bei 0° C., der englische Fuß aber bei der Normaltemperatur von 62° F. angenommen und hiernach KATZ's Bestimmung zum Grunde gelegt, wonach 1 Meter = 39,37079 engl. Zolle beträgt, so sind jene Größen in engl. Zollen

$$\text{von } 0^\circ \text{ bis } 45^\circ = 39,01751649 + 0,196330 \sin.^2 \varphi,$$

$$\text{von } 45^\circ - 90^\circ = 39,01751649 + 0,210131 \sin.^2 \varphi,$$

$$\text{von } 0^\circ - 90^\circ = 39,01751649 + 0,203233 \sin.^2 \varphi.$$

Wenn man dagegen sowohl das Meter als auch den englischen Fuß bei 0° C. annimmt und die genauen, durch BESSEL mitgetheilten Messungen zum Grunde legt, wonach 1 Meter = 39,37 engl. Zolle beträgt, so sind jene Größen in englischen Zollen

$$\text{von } 0^\circ \text{ bis } 45^\circ = 39,01673358 + 0,196326 \sin.^2 \varphi,$$

$$\text{von } 45^\circ - 90^\circ = 39,01673358 + 0,210126 \sin.^2 \varphi,$$

$$\text{von } 0^\circ - 90^\circ = 39,01673358 + 0,203228 \sin.^2 \varphi.$$

Vorzugsweise kommt die Länge des einfachen Secundenpendels unter 45° N. B. in Betrachtung, weil sie nicht bloß die mittlere Größe der Pendellängen vom Aequator bis zu den Polen ist, sondern unter diesem Parallele und in mäßiger Entfernung von demselben die meiste Cultur herrscht, folglich von dieser Bestimmung die meisten Anwendungen gemacht werden. BIOT<sup>2</sup> hat diese auf das Sorgfältigste zu bestimmen gesucht und sie im Mittel aus den genauesten Messungen = 993,534239 Millimeter

<sup>1</sup> Vergl. Art. Maß Bd. VI. Abth. 2.

<sup>2</sup> A. a. O. S. 56.

gefunden. Diese Größe nach beiden angegebenen Verhältnissen auf französisches und englisches Maß reducirt giebt

440,429754 oder 440,5124886 par. Lin. und

39,11622788 oder 39,1154430 engl. Zolle.

Bei weitem die meisten in den neuern Zeiten gemessenen Pendellängen sind bereits oben<sup>1</sup> angegeben, und zwar in englischen Zollen, welches Maß durch den fleißigsten Beobachter, Capt. SABINE, angenommen war. Seitdem sind indels noch einige sehr genaue Messungen hinzugekommen, unter denen die von BESSLER zu Königsberg in größter Ausführlichkeit vollendete wohl den ersten Rang einnimmt. Darunter gehören ferner die eben so zahlreichen als sehr genauen von BIOT<sup>2</sup>, die wiederholten in London zur definitiven scharfen Bestimmung der Länge des dortigen einfachen Secundenpendels und verschiedene bereits oben erwähnte mit dem Kater'schen Reversionspendel. BIOT hat indels fast alle durch die neuesten Messungen gefundenen Pendellängen auf Millimeter reducirt, wenn sie nicht ohnehin schon in diesem Maße angegeben waren, weswegen ich diese hier mittheile, zugleich aber die ihm nicht bekannt gewordenen, auf das nämliche Maß nach dem so eben angegebenen Verhältnisse reducirten, einschalte<sup>3</sup>. Die ältern Bestimmungen haben gegenwärtig nur einen untergeordneten Werth. Da aber P. VAN GALEN<sup>4</sup> sich die Mühe gegeben hat, sie insgesamt auf neufranzösisches Maß zu reduciren, so mögen sie zum Andenken an die schätzbaren Leistungen älterer Physiker hier gleichfalls einen Platz finden.

---

1 Art. *Erde* Bd. III. S. 891 ff.

2 Mémoires de l'Acad. Roy. des Sciences de l'Institut de France. Paris 1829. T. VIII. Die sehr genaue Messung von CARLINI und PLANA auf dem Mont Cenis ist bereits mehrmals erwähnt worden.

3 Eine Tabelle der Pendellängen in dem verschiedenen ursprünglich angewandten Maße findet man in BAUMGARTNER's Natur-ehre. Suppl. Bd. Heft 8. S. 1008.

4 Dissert. math. inaug. de Pendulo.



Beobachter.	Orte.	Breiten- grade.	Pendellängen.
Malaspina	Puerto Egmont	51° 21'	993,94 Mill.
Malaspina	Sta. Elena	44 30	993,74 -
Malaspina	Concepcion	36 42	992,59 -
Malaspina	Montevideo	34 55	992,63 -
La Caille	Cap d. g. Hoffnung	33 55	992,88 -
Malaspina	Puerto Jackson	33 51	992,54 -
La Caille	Ile de France	20 10	992,07 -
Don Juan	Guarico	19 46	991,32 -
Halley	St. Helena	16 00	991,82 -
Des Hayes	Granada	12 6	989,16 -
Malaspina	Lima	12 5	991,01 -
Couplet	Paraiba	6 38	985,80 -
Condamine	Para	1 28	990,81 -
Condamine	Quito	0 38	989,95 -
Bonguer	Quito	0 25	990,53 -
Godin	Quito	0 25	990,69 -
Don Juan			
Ulloa			
Bonguer	Pichincha	0 13	989,61 -
Condamine	Riojama	0 9	990,15 -
Bonguer	Riojama	0 9	989,90 -
Condamine	Puntapalmar	0 2	990,22 -
Bonguer	Aequator	0 00	990,78 -
Richer	Cayenne	4 56	991,10 -
Malaspina	Zamboanga	6 55	990,92 -
Godin	Panama	8 35	990,76 -
Bonguer			
Condamine			
Feuillé	Portobello	9 33	987,13 -
Godin	—	— —	990,47 -
Bonguer	—	— —	990,49 -
Le Gentil	Pondichery	11 56	991,08 -
Malaspina	Umatag	13 18	990,83 -
Le Gentil	Manille	14 34	991,48 -
Malaspina	Manila	14 36	991,37 -
Des Hayes	Gorea	14 40	989,29 -
Des Hayes	Martinique	14 44	989,16 -
Warin	Guadaloupe	16 00	989,16 -

Beobachter.	Orte.	Breiten- grade.	Pendellängen.
Malaspina	Acapulco	16° 50'	991,23 Mill.
Des Hayes	St. Christophore	17 19	989,75 -
Le Gentil	Foulpoint	17 40	991,30 -
Campbell	Jamaica	18 00	991,53 -
Condamine	Domingo	18 27	991,30 -
Bougner	—	— —	990,83 -
Godin	—	— —	991,14 -
Malaspina	Babao	18 39	991,39 -
Des Hayes	Domingo, Cap	19 48	990,31 -
Malaspina	Macao	23 12	991,10 -
Chazelles	Cairo	30 2	993,13 -
Malaspina	Cadix	36 32	992,54 -
Malaspina	Monterey	36 36	992,29 -
Couplet	Lissabon	38 42	988,05 -
Jacquiez	Rom	41 54	993,20 -
Le Seur			
Picard	Port de Sete	43 24	993,69 -
Picard	Bayonne	43 30	993,69 -
Darquier	Toulouse	43 36	993,38 -
Ximenes	Florenz	43 47	993,72 -
Monton	Lyon	45 46	988,73 -
Picard	Lyon	45 46	993,69 -
Liesganig	Wien	48 12	993,83 -
Picard	Paris	48 50	993,69 -
Huyghens	—	— —	993,92 -
Richer	—	— —	993,92 -
Warin, des Hayes	—	— —	993,81 -
Chazelles	—	— —	993,69 -
Godin	—	— —	993,63 -
Bougner	—	— —	993,87 -
Condamine	—	— —	993,75 -
Mairan	—	— —	993,85 -
De Borda	—	— —	993,84 -
La Caille	Paris	48 51	994,35 -
Malaspina	Nutka	49 35	993,65 -
Von Zach	Gotha	50 58	993,94 -
Rumowski	Seleginsk	51 6	993,78 -
Roemer	London	51 31	993,69 -

Beobachter.	Orte.	Breiten- grade.	Pendellängen:
Graham	—	—° —'	994,26 Mill.
Whitehurst	—	— —	993,62 —
Picard } Bartholin }	s'Gravenhage	52 4	993,69 —
Lulofs	Leiden	52 9	994,17 —
Mayer	Greifswald	54 4	994,44 —
Picard	Uranienburg	55 41	993,69 —
Grischow	Arensberg	58 15	994,48 —
Grischow	Pernau	58 23	994,55 —
Grischow	Dorpat	58 23	994,57 —
Malaspina	Mulgrave	59 23	995,09 —
Grischow	Reval	59 26	994,60 —
Celsius	Upsala	59 52	994,62 —
Mallet } Grischow }	Petersburg	59 56	994,75 —
Rumowski	—	— —	993,81 —
Henry	—	— —	992,75 —
De l'Isle } De la Croyère }	Archangel	64 34	994,03 —
Rumowski	—	— —	995,09 —
Mauertuis	Pello	66 48	995,20 —
Mallet	Ponoi	67 4	995,23 —
Rumowski	Kola	68 52	995,54 —
Mulgrave	Spitzbergen	79 50	995,68 —

Unter den neuern Pendelmessungen befinden sich einige, die wegen ihrer vorzüglichen Genauigkeit eine besondere Erwähnung verdienen. Dahin gehört vor allen andern die bereits mehrmals erwähnte von BESSEL in Königsberg, wonach er die Länge des einfachen Secundenpendels daselbst, auf den Spiegel der Ostsee und 0° C. Temperatur reducirt, = 440,8179 par. Linien fand. Eine gleiche Sorgfalt verwandte KATER auf die Bestimmung dieser Größe für London, wie namentlich aus der genauen Uebereinstimmung des von ihm gefundenen Resultates mit den spätern durch SABINE erhaltenen hervorgeht. Die Versuche von DE BORDA gehören gleichfalls unter die sehr genauen, werden jedoch von den durch BIOT und ARAGO und einigen nachher durch mehrere pariser Gelehrte angestellten übertroffen. Vorzugsweise verdienen nämlich die wiederholten Bemühungen

erwähnt zu werden, durch die man eine directe Vergleichung der Pendellängen in Paris und London zu bewerkstelligen suchte, wozu der Vorschlag schon 1817 durch ARAGO dem *Bureau des Longitudes* zu Paris gemacht und bald darauf zur Ausführung gebracht wurde, indem er selbst in Verbindung mit BIOT und v. HUMBOLDT die Pendellänge zu Paris und Greenwich mit Anwendung von zwei an beiden Orten gebrauchten unveränderlichen Pendeln bestimmte. Wo möglich noch genauere Versuche wurden später durch Capt. SABINE<sup>1</sup> ausgeführt, indem er im Jahre 1827 zwei Kater'sche unveränderliche Pendel nach Paris brachte und in Verbindung mit MATHIEU, NICOLLET und SAVARY dort beobachtete, dann dieselben wieder nach London sandte und die frühern Versuche an der dortigen Hauptstation zu Portland-Place wiederholte, wobei ihn QUETELET und Capt. CHAPMAN unterstützten. Das Mittel aus 23 Messungen zu Paris und 17 zu London mit beiden Pendeln gab für den letztern Ort eine Beschleunigung von 12 Secunden für einen Tag. Früher hatte aber KATER die Länge des Secundenpendels für London = 39,13908 engl. Zolle und BIOT für Paris = 39,12843 engl. Zolle gefunden, der Unterschied beider = 0,01065 giebt 11,76 Secunden, anstatt daß 0,01088 Z. Längendifferenz 12 Secunden zugehören würden. Nähme man letztern Unterschied als richtig an, so müßte KATER's Pendel in Paris 39,12820 engl. Z. statt 39,12843 lang seyn und BIOT's Pendel, nach London übergetragen, 39,13931 statt 39,13908 engl. Z. lang seyn. BORDA's Messung im Jahre 1792 gab die Länge des Secundenpendels = 39,12776 engl. Zolle, und wenn man den Unterschied der Höhe berechnet, wo er beobachtete, so wird diese Gröfse = 39,12764 engl. Zolle. Wenn man demnach BIOT's Messung und DE BORDA's Messung nach London überträgt, so liegt KATER's Messung zwischen beiden nahe genau in der Mitte, indem sie der von BIOT um 0,00011 Lin. näher kommt, als der von DE BORDA.

Die zuletzt angegebene Länge des durch KATER zu Portland-Place gemessenen Normalpendels ist als die definitive, durch mehrere Correctionen und Wiederholungen der Versuche, namentlich durch SABINE, erhaltene zu betrachten; im Ganzen aber gehören diese Bemühungen unter die anhaltendsten und

<sup>1</sup> Phil. Trans. 1828. p. 35.

genauesten im Gebiete der Physik. Zum Messen bediente sich KATER<sup>1</sup> des von SHUCKBURGH EVELYN<sup>2</sup> gebrauchten Maßstabes von TROUGHTON, dessen Genauigkeit nichts zu wünschen übrig läßt, und eines durch ein Mikroskop beobachteten Mikrometers, welches nach vielen Messungen im Mittel den Zoll in 23363 Theile theilte. Die Ausdehnung desselben durch Wärme betrug nach directer Messung in heißem Wasser 0,000009959 Theile des Ganzen für 1° F. Die Vergleichung des Pendels mit dem Maßstabe geschah bei der Normaltemperatur von 62° F., zur Reduction auf das Vacuum wurde bei 53° F. Temperatur und 29,27 engl. Zoll Barometerstand das spec. Gewicht des Wassers gegen Luft = 836:1, der Pendelmasse gegen Wasser = 8,469:1 gefunden. Die wiederholten Messungen endlich ergaben die corrigirte Länge des einfachen Secundenpendels für Sexagesimalsecunden mittlere Sonnenzeit nach TROUGHTON's Scale = 39,1386; nach der von ROY zur trigonometrischen Messung gebrauchten = 39,13717; nach BIRD's im Parlements-hause befindlichen = 39,13824 engl. Zolle bei 62° F. und unter 51° 31' 8'',4 N. B., und die einzelnen Resultate wichen nicht über  $\frac{1}{111111}$  der ganzen Länge von einander ab. Nach einigen spätern Correctionen setzte KATER<sup>3</sup> diese GröÙe = 39,13929 Zolle des Troughton'schen Maßstabes als normal fest, welches von der obigen Bestimmung nicht merklich abweicht. Neuerdings hat SABINE<sup>4</sup> die Länge des einfachen Secundenpendels auch für Greenwich unter 51° 28' 40'',4 N. B. mit größter Genauigkeit gemessen und mit Benutzung der oben (unter E. b) erwähnten Correction für die Ausdehnung durch Wärme = 39,13734 engl. Zolle gefunden.

Folgende Tabelle enthält die sämmtlichen, mir bekannt gewordenen Pendellängen an den verschiedenen Orten.

1 Phil. Trans. 1818. p. 35.

2 Vergl. Maßs, *englisches*.

3 Phil. Trans. 1819. p. 415.

4 Phil. Trans. 1881. p. 475.

Beobachter.	Orte.	Breiten- grade.	Pendellin- gen.
Freycinet	Malvinen	51° 35' 18"	994,0657
Duperrey	—	51 31 44	994,1295
Fallows	Cap d. g. Hoffnung	33 55 56	992,5887
Freycinet	—	33 55 15	992,5677
Freycinet	Port Jackson	33 51 34	992,6260
Duperrey	Port Jackson	33 51 34	992,5879
Brisbane	Paramatta	33 48 43	992,5590
Dunlop	Paramatta	33 48 43	992,5730
Luetke	Valparaiso	33 2 30	992,5178
Freycinet	Rio de Janeiro	22 55 13	991,6956
Foster	Rio de Janeiro	22 55 22	991,7137
Basil Hall	Rio de Janeiro	22 55 22	991,7170
Duperrey	Isle de France	20 9 40	991,7707
Luetke	St. Helena	15 54 59	991,6035
Sabine	Bahia	12 59 21	991,2203
Sabine	Ascension	7 55 48	991,1948
Duperrey	—	7 55 9	981,1824
Sabine	Maranham	2 31 43	990,8975
Freycinet	Rawak	0 1 34	990,9466
Sabine	St. Thomas	0 24 21	991,1109
Basil Hall	Gallapagos Ins.	0 32 19	991,0403
Luetke	Ualan	5 21 16	991,3043
Sabine	Sierra-Leone	8 29 28	991,1073
Sabine	Trinidad	10 38 56	991,0609
Goldingham	Madras	13 4 9	991,2723
Luetke	Guahan	13 26 21	991,4277
Freycinet	Guam. Ins.	13 27 51	991,4520
Sabine	Jamaica	17 56 7	991,4725
Freycinet	Mowi	2052 7	991,7850
Basil Hall	San Blas	21 32 24	991,5633
Foster	San Blas	21 32 24	991,5903
Luetke	Boni	27 4 12	992,3773
Biot	Lipari	38 28 37	993,0792
Biot	Formentera	38 39 56	993,0697
Sabine	New-York	40 42 43	993,1586
Biot	Barcellona	41 23 15	993,2321
Duperrey	Toulon	43 7 20	993,3652
Biot, Mathieu	Figeac	44 36 45	993,4578

## Einfaches Secundenpendel.

381

Beobachter.	Orte.	Breiten- grade.	Pendellän- gen.
Biot, Mathieu	Bordeaux	44° 50' 26"	993,4529
Biot	Fiume	45 19 0	993,5841
Biot	Padua	45 24 3	993,6073
Biot	Mailand	45 28 1	993,5476
Biot, Mathieu	Clermont Fer.	45 46 48	993,5823
Borde, Cassini	Paris	48 50 14	993,8462
Biot, Bouvard	—	— — —	993,8668
Sabine, Kater	—	— — —	993,8606
Kater	Shanklin - Farm	50 37 24	994,0470
Biot, Mathieu	Dünkirchen	51 2 10	994,0804
Kater	London	51 31 8	994,1234
Kater	Arbury - Hill	52 16 55	994,2275
Luetke	St. Peter und Paul	53 0 53	994,3734
Kater	Clifton	53 27 43	994,3016
Schumacher	Altona	53 32 45	994,3520
Bessel	Königsberg <sup>1</sup>	54 42 50	994,4099
Kater	Forth - Leith	55 58 37	994,5352
Biot	—	— — —	994,5310
Luetke	Sitka	57 2 58	994,6200
Kater	Portsoy	57 40 59	994,6906
Svanberg } Cronstrand }	Stockholm	59 20 43	994,8059
Luetke	Petersburg	59 56 21	994,9100
Sabine	Brassa	60 9 42	994,9985
Kater	Unst	60 45 25	994,9384
Biot	—	— — —	994,9457
Sabine	Drontheim	63 25 54	995,0132
Sabine	Hare - Island	70 26 17	995,6370
Sabine	Hammerfest	70 40 5	995,5312
Foster	Port - Bowen	73 13 39	995,7724
Sabine	Grönland	74 32 19	994,7465
Sabine	Melville	74 47 12	995,8560
Sabine	Spitzbergen	79 49 58	996,0359

<sup>1</sup> Nach der Reduction, wobei das Meter = 443,296 Lin. angenommen wird. Wenn dagegen Meter und Toise auf 0° C. reducirt werden, so erhält man 994,2231.

## b) U h r p e n d e l.

Die wichtigste Anwendung, welche man vom Pendel macht, ist die Regulirung des Ganges der *Uhren*. Indem nämlich das Pendel seine Schwingungen durch gleich große Bögen auf das Genaueste in gleichen Zeiten vollendet, so darf man mit demselben nur eine Maschine verbinden, welche einestheils demselben bei jeder Schwingung einen neuen und genau so abgemessenen Impuls ertheilt, daß dadurch die Hindernisse seiner Bewegung gerade überwunden werden, damit es unausgesetzt gleichmäßig schwingt, andernteils die Zahl dieser Schwingungen mechanisch aufzeichnet, wodurch dann die verflossene Zeit von selbst gemessen wird. Die hierdurch gegebenen Uhren messen selten willkürliche Zeiten, meistens dagegen Sternzeit oder mittlere Sonnenzeit, und heißen sonach Uhren für Sternzeit, auch astronomische Uhren genannt, weil sie für die Astronomie gebraucht werden, oder Uhren für mittlere Sonnenzeit. Solche Uhren, welche die wahre Sonnenzeit messen, lassen sich zwar durch künstliche Mechanismen gleichfalls verfertigen, sind aber ungleich weniger gebräuchlich, eben wie solche, die zugleich Sternen- und mittlere Sonnenzeit zeigen, oder gar solche, die alle drei Zeiten zugleich angeben. Die Form der Uhren ist im Allgemeinen entweder die der Stand- oder Wand-Uhren mit verticalen, in Kreisbögen schwingenden Pendeln, oder die der Tertienuhren mit konischen Pendeln, die auch Centrifugalpendel heißen, oder endlich die der Sackuhren, Taschenuhren, Chronometer mit Pendeln, die in jeder Ebene, meistens in der horizontalen, schwingen<sup>1</sup>.

Die Pendel der Uhren sind wohl ohne Ausnahme für ganze oder aliquote Theile von Sexagesimalsecunden nach Sonnen- oder Sternzeit construirt, indem die verticalen Kreis- und konischen Pendel ganze oder halbe, die Pendel der Sackuhren selten ganze, zuweilen halbe, meistens Viertel oder auch wohl

---

1 Eine genauere Beschreibung der Uhren, der einzelnen Theile derselben nebst der Geschichte ihrer Erfindung und Verbesserung liegt zu weit außer den Grenzen dieser Untersuchungen. M. s. PORR die Wand-, Stand- und Taschen-Uhren. Frankf. 1818. 12. Eine gehaltreiche Untersuchung über Huyghens Anwendung der Pendel zur Regulirung der Uhren s. Edinburg Phil. Journ. N. XII. 197. XIII. 35. VON VAN SWINDEN.



Fünftel Secunden schwingen. Indem man aber in der Regel nicht oder wohl nie beabsichtigt, die absolute Länge dieser Pendel zu messen, so kommt es nur darauf an, daß sie ihren gleichförmigen Gang unausgesetzt beibehalten. Alle oben genannte Hindernisse bedürfen daher bei ihnen keiner eigentlichen Correction, weil sie bei jeder Schwingung gleichmälsig stattfinden und sich daher ein für allemal ausgleichen lassen, wenn nur das Uhrwerk so genau gearbeitet ist, daß der durch dieses bei jeder Schwingung gegebene Impuls stets unverändert bleibt, was sich am leichtesten durch ein großes Gewicht und sehr leichte Beweglichkeit des Pendels erreichen läßt, indem ein solches durch geringfügige Aenderungen der ertheilten Stöße nicht merklich afficirt werden kann. Es ist daher auch unrichtig, wenn man glaubt, solche Pendel müßten in möglichst kleinen Elongationswinkeln schwingen, indem es vielmehr vortheilhafter ist, diese zur leichtern Ueberwindung der unbedeutend ungleichen Hindernisse nicht zu klein zu machen; doch nimmt man sie nicht leicht größer als 3 bis 5 Grade. Hiernach kann selbst der durch Temperatur und Barometerstand bedingte ungleiche Widerstand der Luft keine merkliche Ungleichheiten hervorbringen, alles dieses jedoch unter der Voraussetzung eines hinlänglich genauen und feinen Baues der Uhr und der gehörigen Festigkeit aller Theile des Pendels, damit dasselbe im strengsten Sinne ein unveränderliches bleibe. Daß es ferner am besten sey, dasselbe an einer Uhrfeder aufzuhängen, ist bereits oben gesagt worden.

Nur die eine der oben erläuterten Correctionen, nämlich für den Einfluß der Wärme, wird durch das Hinzufügen des Uhrwerks nicht unmittelbar beseitigt, ist aber um so wichtiger, da namentlich die astronomischen Uhren auf den nicht geheizten Sternwarten sehr ungleichen Temperaturen ausgesetzt sind, alle Körper durch Wärme ausgedehnt werden und gleichmäßige Länge des Pendels die erste und nothwendigste Bedingung seiner gleichbleibenden Schwingungszeiten ist<sup>1</sup>. Man war daher schon seit GRAHAM im Jahre 1715 darauf bedacht, Pendel

---

<sup>1</sup> KATER in: The cabinet Cyclopaedia. Mechanics. Lond. 1831. p. 308. berechnet, daß eine Aenderung der Temperatur von 25° F. einen Unterschied von 6 Secunden täglich bei einer eisernen Pendelstange erzeugt.

von unveränderlicher Länge mechanisch zu construiren. Am nächsten lag die Idee, die Pendelstange von Holz zu machen, weil dieses nach den Längenfäsern durch Wärme nur unmerklich ausgedehnt wird, und GRAHAM brachte daher Stangen von Ebenholz oder Nufsbaumholz in Vorschlag; allein dagegen unterliegt das Holz dem Einflusse der Feuchtigkeit, welche vielmehr eine Verkürzung, leicht auch eine Krümmung erzeugt, zudem aber ist seine Ausdehnung durch Wärme zwar sehr gering, aber keineswegs  $= 0$ . Man hat daher die hölzernen Pendelstangen mit und ohne Compensation angewandt, in beiden Fällen jedoch den Einfluß der Feuchtigkeit durch Tränken mit Oel und Ueberzüge von Firnifs abzuhalten gesucht. So viel ist wohl gewiß, daß bei der geringen Ausdehnung des Holzes durch Wärme die auf gehörige Weise gegen den Wasserdampf der Atmosphäre gesicherten hölzernen Pendelstangen wegen ihres geringen Preises für solche Uhren, die einem nicht zu großen Wechsel der Temperatur ausgesetzt sind, einen entschiedenen Vorzug haben, um so mehr als einige Compensation durch die stärkere Ausdehnung der metallenen Linse gegeben ist, deren Centrum, wenn sie auf ihrem untern Theile ruht, durch Temperaturerhöhung höher hinaufrückt.

Ein hölzernes Pendel ohne eigentliche Compensation, bestehend aus einer in Oel getränkten fichtenen Stange mit einer messingnen Linse, gebrauchten DON JOSE DE ESPINOSA und DON CARIACO CEVALLOS, die Begleiter MALASPINA's, zu ihren Pendelmessungen<sup>1</sup> in den Jahren 1789 bis 1794, später im Jahre 1808 schlug jedoch KATER<sup>2</sup> eine sinnreiche Compensation durch Zink vor. Nach seiner Vorschrift<sup>3</sup> nimmt man eine Stange von weißem Tannenholz 0,75 Z. breit und 0,25 Z. dick, legt diese in einen heißen Ofen, bis sie der Verkohlung nahe kommt, taucht dann die Enden der Stange in geschmolzenes Siegelack, reinigt die Stange und überzieht sie etliche male mit Kopalfirnifs. An das untere Ende derselben wird eine Fassung von Messing haltbar befestigt und mit einer starken stählernen Fig. Schraube versehen, um damit das Pendel zu reguliren, wie dieses die Zeichnung angiebt. Ferner wird das untere Ende der

1 GALLIE Journ. für die reine u. angew. Mathem. Th. IV. S. 72.

2 Nicholson's Journ. 1808. July.

3 Cabinet Cyclopaedia. Mechanics. p. 320.

Stange schon vorher so stark verkleinert, daß sie sich bequem in eine hohle Röhre von Zink stecken läßt. Letztere ist ein hohles Parallelepipedon, 7 Zoll lang und von 0,75 Zoll Seite des Querschnittes, die Dimensionen der innern Oeffnung betragen aber nur 0,4 Z., doch aber muß der verdünnte Theil der Stange sich leicht beweglich durchstecken lassen. In den Boden dieser Röhre von Zink ist ein Stück Messing von 0,25 Z. Dicke gelöthet, mit einer nahe 0,4 Z. weiten runden Oeffnung und einer weiblichen Schraube, in welche ein Cylinder von Zink mit einer männlichen Schraube zur Regulirung der Compensation geschraubt und mit einer Klemmschraube versehen wird, um nach hergestellter richtiger Compensation jede Verrückung zu verhüten. Es versteht sich von selbst, daß dieser Cylinder zu einer Verlängerung und somit auch zur Regulirung der compensirenden Zinkstange dient, weswegen derselbe in seiner Axe durchbohrt ist, um die Stahlschraube der hölzernen Stange durchzulassen und auf dem unten vorgeschraubten messingnen Knopfe zu ruhn. Die Stange wird mit ihrer untern messingnen Fassung und Stahlschraube von oben herab durch die Pendellinse gesteckt, indess ist das Loch in letzterer von unten an bis zum Centrum so erweitert, daß sich die Zinkstange hineinschieben läßt und jene also mit ihrem Mittelpuncte auf dem obern Ende von dieser ruht. Hierdurch hat KATER es auf eine sinnreiche Weise erreicht, daß die Zinkstange gerade das Centrum der Linse so hoch emporhebt, als die nöthige Compensation erfordert.

Die Berechnung der Längen, welche für Holz und Zink eine vollständige Compensation geben, ist leicht anzustellen<sup>1</sup>. Es darf nämlich nur nachträglich<sup>2</sup> bemerkt werden, daß nach Versuchen von STRUVE<sup>3</sup> Tannenholz durch eine Erhöhung der Temperatur von 1° C. um 0,00000352, nach KATER<sup>4</sup> um

1 Eine ausführliche allgemeine Anweisung zu diesen Berechnungen giebt FR. BAILY in Phil. Mag. LXV. 40 ff.

2 Zu Art. *Ausdehnung* Bd. I. S. 582.

3 Beschreibung des großen Refractors von Fraunhofer. Dorpat 1825. fol. S. 4.

4 Cabinet Cyclopaedia p. 310. Nach KATER hat STRUVE 0,0000028444, er selbst aber 0,0000022685 für 1° F. gefunden. An der erwähnten Stelle aber giebt STRUVE nur 0,0000044 für 1° R. an, welches 0,0000019556 für 1° F. beträgt. Andere haben die Ausdehnung noch

0,0000040833 seiner Länge ausgedehnt wird. Die Aufgabe ist dann, die Länge einer Zinkstange zu finden, deren Ausdehnung durch Wärme genau so viel beträgt, als die Ausdehnung der ganzen Pendelstange. Es sey zu diesem Zwecke die Länge des Stückes der Uhrfeder, woran die Pendelstange hängt,  $= \lambda$ ; die Länge der hölzernen Stange von der Uhrfeder bis zum Centrum der Linse  $= L$  (wobei  $L + \lambda$  etwas kürzer als die Länge des gesuchten einfachen Pendels genommen wird); die Länge der Stahlschraube  $= \lambda'$ ; die Länge der hölzernen Stange unter dem Mittelpunkte der Linse, welche nach dem Halbmesser der letztern bestimmt wird,  $= l$ ; die Länge der erforderlichen Zinkstange  $= x$ ; ferner seyen die Ausdehnung des Holzes  $= a$ , der Uhrfeder und Stahlschraube, beide als gleich angenommen,  $= a'$ , des Zinkes  $= a''$ , so ist

$$(L + l) a + (\lambda + \lambda') a' = x a'', \text{ also}$$

$$x = \frac{L + l}{a''} a + \frac{(\lambda + \lambda') a'}{a''}.$$

Nimmt man z. B. in englischen Zollen  $L + l = 40$  Z.;  $\lambda = 2$  Z.;  $\lambda' = 3$  Z.; ist ferner  $a = 0,00000352$ ;  $a' = 0,00001152$ ;  $a'' = 0,00003108$ , so ist

$$x = \frac{0,0001408 + 0,0000576}{0,00003108} = 6,383...,$$

wobei es auf ganz scharfe Bestimmungen nicht ankommt, da man vermittelst des Cylinders von Zink die Compensation empirisch reguliren kann. Außerdem läßt sich das Pendel verkürzen oder verlängern, indem man entweder die Länge der Uhrfeder ändert, oder die Linse vermittelst der unten vorgeschraubten Nufs hebt oder herabsenkt. Nach KATER ist Letzteres rathsamer, indem die Feder am besten in ihrem Schlitz bleibend festgeklemt wird.

Nach KATER's<sup>1</sup> sehr entscheidendem Urtheile ist Holz die beste Substanz, die man zu Pendeln verwenden kann, wenn es möglich ist, dasselbe gegen den Einfluß der Feuchtigkeit zu schützen. In dieser Beziehung führen viele von BROWN (in dessen Wohnung zu Portland-Place die zahlreichen Pendelmessungen angestellt sind) gemachte Versuche zu dem Resultate, daß eine Stange von Holz des Theka-Baumes (*teak*, ein hoher

geringer oder fast  $= 0$  gefunden. S. Oarsberettelser om Vetensk. framsteg. Stockh. 1822. p. 165.

1 A. a. O. S. 834.

ostindischer Baum), wenn sie getrocknet und dann vergoldet ist, keine Feuchtigkeit mehr annimmt. Um aber das Pendel leicht herstellbar und wohlfeil zu haben, schlägt FRANCIS BAILY<sup>1</sup> vor, eine hölzerne Stange von nur  $\frac{1}{4}$  Z. Durchmesser unten statt der Linse mit einem bleiernen hohlen Cylinder zu versehen. Die Constructionsart ist aus der Figur ersichtlich <sup>Fig. 35.</sup> und bedarf keiner weitem Erläuterung. Blei statt Zink zu nehmen wird des geringern Preises und größern Gewichts wegen vorgeschlagen, auch ist die Ausdehnung beider Metalle nicht sehr verschieden. Ist dann die Länge des Bleicylinders  $= 2x$ , der hölzernen Stange  $= L$ , die Ausdehnung der letztern  $= a$ , des erstern  $= a'$ , so ist  $(L+x)a = xa'$  und also

$$x = \frac{La}{a' - a}.$$

BAILY berechnet für  $L = 46$  Z. engl.  $2x = 14,3$  Z., KATER nahe gleich  $2x = 14,44$  Z., wobei die Uhrfeder und Stahlschraube als zu unbedeutend unberücksichtigt bleiben. Die Regulirung soll anfangs durch die Schraube am untern Ende des Pendels, zuletzt aber für die feinsten Correctionen der Schwingungen durch einen kleinen, auf der Stange beweglichen und durch eine Schraube stellbaren Schieber geschehn, eine Regulirung, welche sehr empfohlen zu werden verdient.

Die Urtheile über die Brauchbarkeit der hölzernen Pendelstangen sind verschieden. KATER empfiehlt sie sehr und hält nebst BAILY dieselben für gleich gut als die metallenen, auch behauptet M. BEAUFOX<sup>2</sup> nach mehrjährigen Erfahrungen, daß ein hölzernes Pendel von elliptischem Querschnitt der Stange gleiche Genauigkeit mit einem Rostpendel gewähre. Dagegen will E. WALKER<sup>3</sup> während acht Jahre hindurch fortgesetzter Beobachtungen bedeutende Unrichtigkeiten wahrgenommen haben, und FAHYCINET's<sup>4</sup> Versuche ergeben, daß sie den metallenen hinsichtlich der Genauigkeit nachstehn.

Da die verschiedenen Compensationen der Uhrpendel be-

1 Phil. Mag. LXV. 40.

2 Ann. of Philos. T. XV. p. 176. Fortgesetzt in New Annals. T. I. p. 203. T. III. p. 406. Edinb. Phil. Journ. N. VIII. 355.

3 Phil. Magaz. 1809. July.

4 Voyage autour du Monde cet. Observations du pendule. Par. 1826. 4.

reits angegeben worden sind <sup>1</sup>, so darf ich hier auf jenen Artikel verweisen und füge bloß noch einige der vorzüglichern, meistens erst neuern Vorschläge hinzu, wobei ich die dort gewählten Abtheilungen beibehalte.

1) *Quecksilberpendel* wurden schon 1721 durch GRAHAM verfertigt und probirt, scheinen aber den Erwartungen nicht genügt zu haben und mußten daher den Rostpendeln weichen. In der Regel werden sie aus einer Stahlstange mit einem Steigbügel und einem darauf ruhenden Glasgefäße mit Quecksilber verfertigt; allein die bereits erwähnte Einwendung, daß die große Masse dieses Metalls die Wärme nicht so schnell annimmt, als die dünne Stahlstange, wird von mehreren für gegründet angegeben, wenigstens versichert KATER <sup>2</sup> unzweifelhaft berechtigt zu seyn zu behaupten, daß die Mercurialpendel von der angegebenen Construction, bestehend aus einer eisernen Stange und einem gläsernen Gefäße, keineswegs durch die Veränderung der Temperatur gleichmäßig afficirt werden. HORNER's Vorschlag, ein eisernes Gefäß statt eines gläsernen Cylinders zu nehmen, scheint allerdings dieses Hinderniß zu beseitigen, KATER aber schlägt vor, einen gläsernen Cylinder von ungefähr 7 Z. Höhe und 2,5 Z. Durchmesser zu nehmen und diesen mit einem langen Halse zu versehen, welcher die Pendelstange bildet, alles aus dem nämlichen Glase ohne Zusammensetzung geblasen. An das obere Ende der Stange wird eine messingne Fassung vermittelst Schrauben befestigt und an diese die tragende Uhrfeder mit Stiften befestigt. KATER meint, daß bei einem solchen, aus einem Stücke und der nämlichen Masse überall von gleicher Dicke verfertigten Pendel die Ausdehnung des Ganzen gleichzeitig erfolgen und sich von den innern Wandungen des Glases schnell durch die Masse des Quecksilbers verbreiten müsse. Er sagt ferner, daß BROT ein solches Pendel gekannt zu haben erwähne und sich wundere, aus welcher Ursache dasselbe bei seiner Vortrefflichkeit nicht allgemeiner in Anwendung gekommen sey; er selbst aber gebrauchte ein ähnliches gläsernes Pendel, welches sehr genau compensirte. Bei diesem war die gläserne Stange vermittelst einer Fassung am untern Ende im Centrum einer eisernen Scheibe befestigt, mit einem

1 S. Art. *Compensation* Bd. II. S. 200 ff.

2 Cabinet Cyclopaedia p. 333.

auf den äussern Rand geschraubten Ringe und dem in diesen eingekitteten gläsernen Cylinder für das Quecksilber. Nach seinem Urtheile steht zwar diese Construction der andern nach, weil das Ganze nicht aus einer gemeinschaftlichen Masse verfertigt ist, hat aber insofern einen Vorzug, als sie erlaubt, das Quecksilber mit einer gläsernen Scheibe zu bedecken, wie dieses durch BROWN wirklich geschah. Da mir dieses wegen des Staubes und der leichten Oxydierung der Oberfläche des Quecksilbers sehr wesentlich scheint, so glaube ich, daß sich die letztere Construction leicht zu ihrem grossen Vortheile abändern lasse. Indem nämlich die Ausdehnung ähnlicher Glasarten nicht wesentlich verschieden ist, eine mögliche Verschiedenheit aber bei einem später erst empirisch zu regulirenden Pendel gar keine Berücksichtigung verdient, so würde es am einfachsten seyn, den etwas dicken Boden des zur Aufnahme des Quecksilbers bestimmten gläsernen Cylinders in der Mitte zu durchbohren, die gläserne Pendelstange von unten herauf durch die Oeffnung zu schieben und mit ihrem untern etwas konischen Ende in dieselbe einzuschmiegeln; alles übrige würde dann nach der mitgetheilten Angabe eingerichtet. Bekanntlich wird ein Quecksilberpendel durch Zugiessen von kleinen Quantitäten dieses Metalls regulirt, für die letzten feinsten Correctionen gab aber KATZ nach mündlicher Aeußerung einem auf der Pendelstange verschiebbaren kleinen Gewichte den Vorzug.

Die Berechnung der Höhe des Quecksilbercylinders könnte ganz nach der oben für Holz und Blei gegebenen Formel angesetzt werden, da es unnöthig ist, die nur höchstens 2 Zoll lange Stahlfeder und die Ausdehnung des gläsernen Cylinders, worin sich das Quecksilber befindet, zu berücksichtigen. Will man jedoch die letztere Gröfse gleichfalls in Rechnung nehmen, so bezeichne  $L$  die Länge der Glasstange und Uhrfeder bis zum Mittelpunkte der Schwingung,  $2x$  die Höhe des erforderlichen Quecksilbercylinders,  $a$  die lineare Ausdehnung und  $k$  die kubische ( $= 3a$ ) Ausdehnung des Glases,  $a'$  die kubische Ausdehnung des Quecksilbers oder die Ausdehnung seines Volumens, und man erhält

$$x = \frac{La}{a'(1-k) - a}$$

Wäre z. B.  $L = 36$  par. Zolle,  $a = 0,00000861$ , also  $k = 0,0002583$  und  $a' = 0,00018$ , so erhielte man

$$x = \frac{0,00030996}{0,0001713853} = 1,8085 \dots Z.,$$

also würde die Höhe des Quecksilbercylinders vorläufig und bis zur nähern Regulirung zu 3,617 par. Z. anzunehmen seyn<sup>1</sup>.

2) Bei der Beschreibung des *rostförmigen Pendels* ist oben blofs die Compensation durch Zink angegeben, was für den praktischen Gebrauch allerdings zweckmäfsig genannt werden mufs, indem dieser vor jeder andern so sehr der Vorzug gebührt, dafs man nicht leicht ein anderes Metall für die so gestalteten Pendel wählen wird. Die ursprünglichen, durch HARRISON seit 1726 vorgeschlagenen Pendel bestehn aber aus einer Verbindung von eisernen und messingnen Stangen, und die durch TROUGHTON<sup>2</sup> verfertigten gleichfalls aus eisernen Stangen, aber aus hohlen messingnen, diese umschliessenden Röhren, um bei geringerer Metallmasse eine gröfsere Festigkeit zu erhalten; beide haben drei herabgehende Längen von Eisen und zwei aufwärts gerichtete Längen von Messing zur Compensation, beide haben den Nachtheil, dafs durch das Gewicht der Pendelstange der Mittelpunkt der Schwingungen nicht unmerklich tiefer hinabgerückt wird. Auch die durch JULIEN LE ROY um das Jahr 1748 bei einer Uhr auf der Sternwarte zu Cluny angebrachte Compensation bestand aus Eisen und Messing, aber nur aus einer einzigen Stange von jedem dieser Metalle, wodurch jedoch die obere Hälfte des Pendels über das Uhrgehäuse emporragte und daher das Ganze keine gleichmäfsige Temperatur haben konnte. Auch DEPARCIEUX construirte eine Compensation aus zwei herabgehenden Eisenstangen mit einem eisernen Träger an den untern Enden, worauf die aufwärts gerichteten zwei Messingstangen mit einem auf ihren obern Enden ruhenden Querbalken standen, an welchem dann die eigentliche eiserne Pendelstange hing. Beide haben ausserdem den Mangel, dafs bei jenem die compensirende Messingstange, bei diesem die beiden herabge-

---

<sup>1</sup> Einen Vorschlag von FARRAR in Boston Journ. of Science T.I. p. 491., wonach die durch Wärme ausgedehnte Luft auf das Quecksilber drücken und einen der gleichzeitigen Ausdehnung des Glases proportionalen Theil desselben in die Höhe treiben soll, übergehe ich, weil er mir unausführbar und unzweckmäfsig scheint.

<sup>2</sup> Nicholson's Journal 1804. Dec. T. IX. p. 225. Vergl. BOSS astron. Jahrb. 1808. S. 249. Eine Beurtheilung dieser Compensation von SCHMITTER ebend. 1810, S. 184.



henden Eisenstangen für sich an der Wand oder dem Gehäuse befestigt sind, eine Einrichtung, welche KATER mit Recht durchaus verwirft, weil es ihr leicht an der gehörigen Festigkeit gebricht und die einzelnen Theile nicht gleichmäfsig erwärmt werden können<sup>1</sup>.

Auch die Compensation durch Zink ist auf verschiedene Weise abgeändert, wenn gleich die ursprüngliche rostförmige Construction meistens beibehalten wurde. Eine Erwähnung verdient wohl der Vorschlag von HENRY WARD, wofür ihm von der *Society of Arts* die silberne Medaille zuerkannt wurde. Hiernach besteht die Pendelstange aus zwei flachen eisernen Stangen HH, II von etwa 1,5 Lin. Dicke, zwischen denen eine Zinkstange KK von etwa 3 Lin. Dicke eingeschlossen ist. Vermittelst der Schraube m wird die Zinkstange KK an die Eisenstange HH festgeschraubt und zum Reguliren sind in die erstere mehrere Löcher über einander gebohrt, die Stange II dagegen ruht mit ihrem obern Haken auf der Zinkstange und wird an dieser durch die Schrauben O, O, O festgehalten, die sich in länglichen Löchern in den Stangen KK und HH frei auf- und abwärts bewegen können. Einfacher noch ist allerdings die durch ADAM REID<sup>2</sup> vorgeschlagene Compensation, wofür ihm die *Society of Arts* eine Remuneration von 15 Pfd. Sterl. zu Theil werden liefs. Das ganze Pendel besteht aus einer eisernen Stange SB, welche an einem Stücke Uhrfeder aufgehangen ist. Der untere Theil derselben geht durch einen hohlen Cylinder D von Zink, welcher auf dem aufgeschraubten untern messingnen Knopfe ruht, mit seinem obern Ende aber an einem messingnen Querbalken die Linse C in ihrem Centrum trägt. Ein Mangel dabei ist, dafs sich die Compensation nicht reguliren läfst, indem man von dem hohen Cylinder etwas abnehmen mufs, wenn die Compensation zu stark ist, und im entgegengesetzten Falle etwas ansetzen müßte, beides sehr schwierige Operationen, welche jedoch bei der praktischen Anwendung nicht vermieden werden könnten, da sich die Stärke der Ausdehnung nicht mit derjenigen Schärfe berechnen läfst, die hierzu erforderlich ist. Eine sinnreiche Compensation durch

1 Eine ähnliche, aus gleichen Gründen verwerfliche Compensation hat DÖNLER vorgeschlagen. G. Vjl. 818.

2 Annales de Chimie T. LXXXV. p. 188.

Zink hat endlich JOHN SMEATON ausgedacht. Die Pendelstange besteht hiernach aus massivem Glase, unten mit einer stählernen Schraube und einer aufgeschraubten Nuss versehen. Auf letzterer ruht ein auf die Glasstange geschobener hohler Cylinder von Zink, ungefähr 12 Z. lang und  $\frac{1}{4}$  Z. dick. Ueber diesen wird von oben herab eine hohle Röhre von Eisenblech gestürzt, deren oberer Rand so stark einwärts gebogen ist, daß sie auf dem Cylinder ruht, unten dagegen ist der Rand auswärts gebogen und trägt auf der hierdurch gebildeten Fläche einen hohlen Cylinder von Blei etwas mehr als 12 Zoll lang. Es folgt hieraus, daß die Glasstange und die Röhre von Eisenblech sich herabwärts ausdehnen, der hohle Cylinder von Zink und der von Blei aber aufwärts, so daß also der Mittelpunkt der Schwingung durch beide einander entgegengesetzte Wirkungen stets in gleicher Höhe erhalten wird. Auch hierbei fehlt die Regulirung der Compensation, welche jedoch leicht dadurch zu erhalten wäre, wenn man auf die oben bei KATER's hölzernem Pendel bereits beschriebene Weise dem Cylinder von Zink unten einen Boden mit einem Loche gäbe und in dieses einen Cylinder von Zink schraubte, um diesen hinaufwärts oder hinabwärts zu schrauben und dadurch die Compensation des Zinks zu verkleinern oder zu vergrößern. KATER<sup>1</sup> bemerkt, daß solche Pendel beim Gebrauche sehr brauchbar befunden wurden, und es sey daher auffallend, daß sich nirgends eine Bekanntmachung derselben finde.

Für die Berechnung des Verhältnisses der einzelnen Theile scheint es mir am leichtesten und sichersten zu seyn, die Längen der Glasstange, der Uhrfeder, der untern Stahlschraube der eisernen Röhre und des Bleies als bekannt anzunehmen und hieraus die erforderliche Länge des Zinks zu finden. Es sey demnach die Länge der Glasstange  $L = 38$  Z., der Feder  $\lambda = 2$  Z., der eisernen Schraube bis an die aufgeschraubte Mutter  $\lambda' = 2$  Z., der Blechröhre  $l = 10$  Z., des bei dieser Einrichtung nur mit seiner halben Länge compensirenden Bleicylinders  $2b = 10$  Z., der Zinkröhre  $= x$ ; ist ferner die lineare Ausdehnung des Glases  $= a$ , der eisernen und stählernen Theile, alle als gleich angenommen,  $= a'$ , des Bleies  $= a''$ , des Zinkes  $= a'''$ , so ist

$$La + \frac{1}{2}(l + \lambda + \lambda') a' - ba'' + xa''' , \text{ also}$$

1 Cabinet Cyclopaedia. Mechanics p. 336.

$$x = \frac{La + (1 + \lambda + \lambda') a' - ba''}{a''}.$$

Werden die linearen Ausdehnungen  $a = 0,00000861$ ,  
 $a' = 0,00001152$ ,  $a'' = 0,0000288$  und  $a''' = 0,00003$  ange-  
 nommen, so erhält man

$$x = \frac{0,00032718 + 0,00016128 - 0,000144}{0,00003} = 11,482,$$

wonach die Compensation vorläufig eingerichtet werden könnte,  
 die sich dann vermittelst der Stahlschraube an der Pendelstange  
 und des eingeschraubten Cylinders von Zink reguliren liefse.

Schon 1802 hat BENZENBERG<sup>1</sup> vorgeschlagen, statt des  
 Zinkes Blei zur Compensation zu nehmen. Dabei hat er jedoch  
 die Form des Rostes beibehalten, denn sein Pendel hat oben an  
 einer kurzen eisernen Stange einen Querbalken von Eisen oder  
 Messing, von welchem zwei eiserne Stangen herabhängen und  
 unten wieder in einem Querbalken befestigt sind. Auf diesem  
 letztern ruht in der Mitte die verticale Bleistange und trägt oben  
 einen Querbalken, von welchem abermals zwei eiserne Stangen  
 herabhängen, durch den genannten untern Querbalken frei be-  
 weglich gesteckt sind und selbst einen kleineren Querbalken  
 tragen, in dessen Mitte die zum Tragen der Linse dienende  
 kurze eiserne Stange befestigt ist. KATER<sup>2</sup> schlägt statt dessen  
 vor, die erste Stange durch einen hohlen Cylinder von Blei her-  
 abgehn zu lassen und am untern Ende desselben zu befestigen,  
 auf seinem obern Ende aber eine Röhre von Eisenblech ruhn zu  
 lassen und an deren unterm Ende die Linse entweder unmittel-  
 bar oder vermittelst einer kurzen eisernen Stange zu befesti-  
 gen. Sonach erhält also das Pendel genau die von HERAPATH<sup>3</sup>  
 vorgeschlagene Gestalt, mit dem Unterschiede, daß Letzterer  
 Zink statt des Bleies in Vorschlag bringt. Dieses ist offenbar  
 besser wegen seines geringern specifischen Gewichtes, seiner  
 größern Härte und stärkern Ausdehnung durch Wärme, woge-  
 gen der etwas höhere Preis nicht in Anschlag kommen kann.

1 Voigt's Magazin Th. IV. S. 787. Im folgenden Jahre brachte  
 ebenderselbe das leichtflüssige Rose'sche Metall zur Compensation in  
 Vorschlag. G. XIV. 815.

2 Cabinet Cyclopaedia p. 317.

3 S. Bd. II. S. 205. dieses Werks und die dort angegebene  
 Fig. 67.

Sehr zweckmäfsig ist dann ferner die am obern Ende der Röhre von Eisenblech (oder besser eines Flintenlaufes) angebrachte Schraube, mittelst deren die Röhre auf dem hohlen Cylinder von Zink auf- und abwärts geschraubt werden kann, um die Compensation des Zinks zu reguliren. Weil aber das ganze Pendel verlängert oder verkürzt wird, wenn man diese Schraube hinabwärts oder aufwärts schraubt, so ist es zweckmäfsig, die eiserne Röhre unten durch einen Boden mit einer Oeffnung zu verschliessen, in welcher die kurze, zum Tragen der Linse in deren Mittelpuncte bestimmte eiserne Stange gleichfalls auf- und abwärts geschraubt werden kann, um die veränderte Länge wieder herzustellen.

Zur Berechnung der Compensation darf man nur annehmen, dafs die Theile von Eisen, welche die ganze Länge des Pendels bilden, und eine der Zinkröhre an Länge genau gleichkommende Eisenstange sich herabwärts ausdehnen, während das Zink aufwärts compensirt. Heifst demnach die Länge der erstern  $L + x$ , der letztern  $x$ , die Ausdehnung des Eisens  $a$ , des Zinks  $a'$ , so ist

$$(L + x) a = x a', \text{ also } x = \frac{L a}{a' - a}.$$

Für  $L$  kann man in genähertem Werthe etwa 38 par. Zoll annehmen, da die Mittel zur Regulirung gegeben sind, die Berechnung ist dann leicht und genügend sicher, insofern die Werthe von  $a$  und  $a'$  mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt sind, und diesemnach gehört diese Construction der Compensationspendel ohne Widerrede unter die vorzüglichsten, wenn ihr nicht vor allen andern der Vorzug gebührt.

3) und 4) *Sonstige Compensationsarten* sind im Allgemeinen minder solid, nicht leicht mit gehöriger Genauigkeit zu berechnen und herzustellen, so dafs man ungleich weniger Gebrauch davon zu machen pflegt. Das Nöthige hierüber ist oben bereits mitgetheilt worden, auch darf ich als bekannt voraussetzen, was sich sonst noch über den Bau des Pendels und das Verhältnifs seiner einzelnen Theile sagen liefse. Vor allen Dingen mufs die Uhr höchst fest und unbeweglich aufgehangen werden, so dafs die Schwingungen des Pendels sie selbst auf keine Weise zu bewegen vermögen. Hieraus folgt dann von selbst, dafs das Gewicht des Pendels sie nicht wohl belasten kann; das Gewicht der Linse aber wählt man deswegen beträchtlich grofs,

nämlich von etwa 8 bis höchstens 40 Pfd., damit die ihm durch das Uhrwerk mitgetheilten Stöße die Schwingungen des Pendels bloß fort dauern machen, ohne einen sonstigen Einfluß darauf zu üben. Soll der Mittelpunkt der Schwingung nahe unter das Centrum der Linse fallen, so muß diese in eben dem Verhältnisse ein größeres Gewicht erhalten, als die Pendelstange selbst schwerer wird.

Wenn die Pendel rücksichtlich der Compensation hinlänglich genau hergestellt sind und also die Veränderung der Temperatur keinen weitem Einfluß auf sie hat, so bleibt oft die Schwierigkeit, sie mit größter Schärfe der bezweckten Zeit anzupassen, so daß sie genau in halben oder ganzen Secunden schwingen. Nach HONTER<sup>1</sup> giebt eine Längendifferenz des Pendels von 0,064 Linien einen Unterschied von etwa 6,5 Secunden bei einem Secundenpendel in 24 Stunden, welches in zwei Monaten schon eben so viele Minuten beträgt. Man kann zwar die Länge des Pendels durch die Schraube der Nuss, auf welcher die Linse ruht, vermindern oder vergrößern, allein so feine Correctionen, als hierbei erfordert werden, sind schwer zu bewerkstelligen. Das beste Mittel zu dieser Regulirung ist bereits erwähnt worden und besteht nach KATER aus einem kleinen Gewichte, welches auf der Pendelstange aufwärts oder abwärts geschoben und mit einer Klemmschraube festgehalten wird, um das Pendel (oder vielmehr die reducirte Länge desselben vom Aufhängepunkte bis zum Mittelpunkte der Schwingung) sehr wenig zu verkürzen oder zu verlängern. Ein anderes, eben so feines Mittel hat PROXY<sup>2</sup> vorgeschlagen. Ist nämlich *a b* die Messerschneide, worauf das Pendel schwingt, so wird in der verticalen, durch den Schwerpunkt des Pendels gehenden Linie der feine Stift *o f* ungefähr 18 Lin. lang aufgerichtet und nahe an seinem obern Ende mit einem Ringe versehen, welcher sich leicht auf dem Stifte umdrehn läßt, aber durch seine Reibung festsetzt. Der Ring ist mit zwei feinen, einander diametral gegenüberstehenden, ungefähr 14 Lin. langen und perpendicular gegen die Axe des Stiftes gerichteten Stäbchen versehen, an deren Enden die kleinen Kugeln *c* und *d* von etwa 2 Lin. Durchmesser, alles von Metall genau gearbeitet, be-

Fig.  
38.

<sup>1</sup> Oben Bd. II. S. 198.

<sup>2</sup> Ann. de Chim. et Phys. V. 309.

stigt sind. Diese Kugeln verzögern den Gang des Pendels am meisten, wenn eine durch sie gelegte verticale Ebene die durch die Axe der Messerschneide gelegte unter zwei rechten Winkeln schneidet, und am wenigsten, wenn beide zusammenfallen; der Gang des Pendels läßt sich also auf das Feinste reguliren, wenn man die Kugeln um sehr kleine Winkel im Azimuth herumdreht; es steht jedoch der Anwendung dieser Correction der Umstand entgegen, daß sie nur bei Pendeln mit der Messerschneide angebracht werden kann.

Die meisten Uhrpendel sind solche, die ganze Sexagesimalsecunden schwingen, mindestens bei den astronomischen und den größern Standuhren. Für kleinere nimmt man auch halbe Secundenpendel, bei denen jedoch geringe Fehler in gleichen Zeiten durch Summirung doppelt so groß werden, und für noch kleinere Zeittheilchen würde die Verfertigung der Pendel stets wachsende Schwierigkeiten erzeugen. Inzwischen ist es oft wünschenswerth, kleine Zeittheilchen zu messen, ja man ist sogar darauf bedacht gewesen, in gleicher Progression fortsteigend Sechzigstel einer Secunde oder Tertien zu messen und hiernach sogenannte Tertienuhren zu construiren. Einige Künstler haben dieses durch die schnelleren Schwingungen der Unruhe in einer Art Sackuhren zu erreichen gesucht, die sie bis zu 10 in einer Secunde vermehrten, oder durch eine Beschleunigung der regulirten Bewegungen mittelst der Räder; allein ich zweifle, daß auf diese Weise die erforderliche Genauigkeit überhaupt erreichbar sey. Dieses ist dagegen sehr leicht möglich mittelst des sogenannten Centrifugal- oder konischen Pendels, welches jedoch bereits oben<sup>1</sup> beschrieben worden ist und nicht bloß für Tertienuhren, sondern auch insbesondere da angewandt wird, wo man eine stets gleichförmige Bewegung sucht, z. B. bei Fernröhren, die sich gleichmäßig mit den Sternen bewegen sollen, den Heliometern, dem großen Refractor zu Dorpat u. s. w. Auch ZAMBONI hat dasselbe an der Uhr angebracht, welche durch zwei seiner trocknen Säulen in steter Bewegung erhalten werden. Hier ist so-

---

1 Art. *Centrifugal-Pendel* Bd. II. S. 83. Vergl. BESZENBERG in Voigt Mag. XII. 182. Eine ausführliche Abhandlung über das konische Pendel von POUILLLET findet sich in der *Correspondance sur l'École polytechnique* T. III. p. 27.

nach bloß noch erforderlich, dieses Pendel mit dem verticalen zu vergleichen.

Es sey demnach die Länge des Pendels  $CA = l$ ; die Höhe <sup>Fig. 39.</sup> des Kegels, dessen Oberfläche dasselbe bei seinen Schwingungen beschreibt,  $CS = h$ ; der Halbmesser des mit dem Horizonte parallelen, durch das Gewicht durchlaufenen Kreises  $= r$ . Auf dieses Gewicht oder den schweren Körper an einem als nicht schwer angenommenen Faden wirken drei Kräfte, zuerst die Schwerkraft in der Richtung  $SA$ , welche den Körper vom Mittelpuncte des Kreises zu entfernen strebt, die Schwere, welche der Richtung  $CS$  parallel wirkt und als Einheit  $= 1$  angenommen werden kann, und die aus beiden zusammengesetzte Spannung des Fadens. Heißt die Centrifugalkraft  $k$ , so erhält man

$$CS : SA = h : r = 1 : k.$$

Es ist aber die Schwerkraft  $k = \frac{v^2}{r}$  und mit der Schwere als Einheit und dem hierdurch bewirkten freien Falle der Körper verglichen ist  $k = \frac{v^2}{2gr}$ . Da aber die Geschwindigkeit dem Raume direct und der Zeit umgekehrt proportional ist, also für die Bewegung im Kreise  $v = \frac{2\pi r}{t}$ , so ist  $v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{t^2}$ , also  $k = \frac{4\pi^2 r}{2gt^2}$ . Folglich erhält man

$$1 : \frac{2\pi^2 r}{gt^2} = h : r$$

$$\text{oder } gt^2 = 2\pi^2 h, \text{ und } t = \pi \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Insofern aber  $h$  die Länge des Pendels ist, wird

$$t = \pi \sqrt{\frac{2l}{g}},$$

und da die Zeitdauer einer einfachen Schwingung eines verticalen Pendels

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

ist, so gebraucht das Centrifugalpendel genau doppelt so viele Zeit, um einen ganzen Kreis zu durchlaufen, als das verticale zu einer Schwingung, so daß das erstere den vierten Theil

der Länge haben muß, wenn es mit dem letztern gleichzeitig seine Schwingungen vollenden soll.

Eine für astronomische Beobachtungen bestimmte sinnreiche Vorrichtung, um beim Appulse eines Sternes an den Spinnenfaden im Fernrohre die Zeit auf 0,1 Sec. unmittelbar genau zu messen, hat BRÉGUET<sup>1</sup> erfunden und ausgeführt. Sie besteht aus zwei Zeigern, deren einer auf einem Bogentheile von 60 Graden 10 einzelne Secunden zeigt, der andere aber auf einem zweiten, etwas größern Bogentheile Zehnthelle einer Secunde. Beide werden gleichzeitig mit dem sich nähernden Sterne beobachtet, um die Zeit des Appulses genau zu erhalten, wozu allerdings einige durch Uebung erlangte Fertigkeit erfordert wird. Eine nähere Beschreibung dieses sinnreich construirten Apparates, welcher an jedem mit Spinnenfäden versehenen Fernrohre angebracht werden kann, liegt zu weit außer den Grenzen dieses Werks.

Diejenigen Pendel, welche die gleichmäßige Zeiteintheilung der Sackuhren, Taschenuhren, Chronometer u. s. w. bedingen, bestehn aus Ringen, die durch einen dünnen, sehr elastischen, spiralförmig aufgewundenen Faden, die Spiralfeder, um eine feine, durch ihr Centrum gehende Axe hin und zurück geschwungen werden. Denkt man sich diesen Ring, die sogenannte Unruhe, als stillstehend, wobei die Spiralfeder nicht gespannt ist, und dreht ihn dann in seiner Ebene um einen aliquoten Theil des Bogens um seine Axe, so wird die Spiralfeder gespannt, zieht also den losgelassenen Ring mit beschleunigter Bewegung rückwärts, bis er wieder in seine anfängliche Lage kommt. In dieser wird er aber nicht beharren, sondern muß nach dem Gesetze der Trägheit mit der erlangten Geschwindigkeit weiter schwingen, bis seine erhaltene Bewegung durch den Widerstand der entgegengesetzt gespannten Spiralfeder  $= 0$  wird, wodurch dann eine ganze oder einfache Pendelschwingung vollendet ist. Die entgegengesetzt gespannte Spiralfeder zieht ihn dann wieder rückwärts und es erfolgt eine zweite gleiche, aber der ersten der Richtung nach entgegengesetzte Schwingung, und so würden diese ohne Aufhören fort-dauern, wenn nicht die Reibung und der Widerstand der Luft sie stets verzögerten und endlich aufhören machten. Hiernach also

1 Ann. de Chim. et Phys. X. 431.



tritt die Elasticität der Spiralfeder an die Stelle der die Pendelschwingungen bedingenden Schwere; die Schwingungszeiten hängen ab von der Größe und Masse der Unruhe und von der Kraft der Spiralfeder. Werden beide, ebenso wie das Hinderniß der Reibung, stets gleichmäÙig erhalten, so sind die Schwingungen isochronisch und die Uhr zählt stets gleichmäÙige Zeitabtheilungen. Hierzu wird die *Compensation*<sup>1</sup> erfordert, da die Wärme sowohl die Spiralfeder ausdehnt und dadurch minder elastisch macht, als insbesondere auch den Ring vergrößert und seine Geschwindigkeit vermindert. Damit die pendelartigen Schwingungen nicht aufhören, erhält die Axe des Ringes, die Spindel, zwei unter einem von der Größe des vom Ringe durchlaufenen Bogens abhängenden Winkel gegen einander geneigte oder auch einander gegenüberstehende Lappen, gegen welche das Räderwerk der durch eine Feder angespannten Uhr bei jeder Schwingung einen kleinen Stoß ausübt. Eine Regulirung der Schwingungszeiten bewerkstelligt man durch eine geringe Verlängerung oder Verkürzung der Spiralfeder, indem diese durch Verkürzung mehr gespannt und elastischer wird, also die Geschwindigkeit der Unruhe beschleunigt. Eine allgemeine Formel zur Berechnung der Schwingungszeiten ist deswegen nicht möglich, weil die Größe des Ringes und die Elasticität der Spiralfeder unbestimmt sind.

### c) Taktmesser, Taktpendel.

Auf das Gesetz, daß vermittelt eines Pendels Zeiten von willkürlicher Länge meßbar sind, hat man die Construction der musikalischen Taktmesser gegründet, unter denen das *Metronom* von MÄLZEL in Wien und das *Taktpendel* von GOTTFRIED WEBER die bekanntesten sind. Um die Einrichtung des erstern zu begreifen, muß zuerst folgende einfache Betrachtung vorausgehn.

Soll ein Pendel in längern Zeiten schwingen, so müssen seine Längen den Quadraten dieser Zeiten proportional seyn, mithin erfordert ein Pendel für 2 Secunden schon die vierfache Länge des Secundenpendels und ist hiernach allerdings beschwerlich zu construiren, für noch größere, in langsamen Tempo's der Compositionen vorkommende Zeitintervalle würde

<sup>1</sup> S. Bd. II. S. 210.

aber die Construction der erforderlichen Pendel schon unmöglich werden, wenn man sie nicht zugleich für kleinere aliquote Theile des ganzen Taktes einrichten könnte. Man hat aber Mittel, sowohl die Schwingungszeiten als auch die Längen des einfachen Pendels willkürlich und selbst bis ins Unendliche zu vergrößern, ohne die Länge des physischen Pendels abzuändern. Zu diesem Ende verlängert man die Pendelstange über die Schwingungsaxe hinaus und bringt in der erforderlichen Entfernung ein Gewicht  $= p$  an, welches dann durch das eigentliche, das Pendel bewegendes Gewicht  $= P$  in entgegengesetzter Richtung bewegt werden muß, und da wegen der Steifheit der Pendelstange beide in gleichen Zeiten ihre Schwingungen vollenden müssen, so kommt bei beiden bloß ihr Gewicht oder die bewegend Masse in Betrachtung, die einander allezeit entgegenwirken und deren Differenz die bewegend Kraft  $g$  bedingt. Es wird demnach  $g : g' = P : P - p$  seyn, woraus  $g' = g \left(1 - \frac{p}{P}\right)$  wird. Diese Größe in die einfache Formel für die Pendel substituirt wird

$$t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2l}{g}} \text{ und } t' = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2l}{g'}}$$

wodurch man

$$t' = \frac{t}{\sqrt{\left(1 - \frac{p}{P}\right)}}$$

erhält. Hiernach wird, wenn  $p = 0$  oder kein Gegengewicht vorhanden ist,  $t' = t$ , wächst aber um so mehr, je näher  $\frac{p}{P}$  der Einheit kommt, wird unendlich, wenn  $p = P$  ist, d. h. in diesem Falle würde das Pendel, wie ein im Schwerpunkte befestigter gleich langer und mit gleichen Gewichten versehener Waagebalken, gar nicht oscilliren, sondern in jeder Lage ruhn; würde endlich  $p$  größer als  $P$ , so erhielte  $t'$  einen negativen, übrigens auf gleiche Weise bedingten Werth, denn das Pendel müßte umschlagen und die Wirkung des größern Gewichts  $p$  träte an die Stelle des früher größern  $P$ .

Wenn in den angegebenen Formeln  $t = t'$  gesetzt wird,  $g'$  aber einen andern Werth als  $g$  erhält, so muß das  $l$  in der andern Formel gleichfalls einen verschiedenen Werth bekommen. Man erhält dann einfach

$$l : g = 1 : g', \text{ also } l' = \frac{1g}{g'},$$

und, wenn man für  $g'$  den gefundenen Ausdruck substituirt,

$$l' = \frac{1}{\left(1 - \frac{p}{P}\right)}.$$

Hiernach kann die Länge des physischen Pendels nach Willkür vergrößert werden, wenn man  $\frac{p}{P}$  der Einheit nahe bringt,

auch ergibt sich aus dem Vorigen von selbst, daß  $l' = l$  wird, wenn  $p = 0$  ist, dagegen unendlich, wenn  $p = P$ . Eine willkürliche Verlängerung des Pendels ist also durch ein über der Schwingungsaxe angebrachtes Gegengewicht möglich. Beide angegebene Modificationen sind übrigens dem Wesen nach einander gleich, nämlich man kann durch das angegebene Mittel die Schwingungszeiten eines Pendels willkürlich vergrößern, welches mit einer beliebigen Verlängerung desselben identisch ist.

Nach diesem Principe hat MÄLZEL sein *Metronom* construirt, dessen Bestimmung ist, das Zeitmaß der Takte in den verschiedenen Tonstücken genauer anzugeben, als dieses durch die Ausdrücke der Componisten, z. B. *Allegro*, *Largo*, *Presto* u. s. w. möglich ist. Der Erfinder reiste in Deutschland, England und Frankreich und suchte überall die bedeutendsten Componisten für die Anwendung dieser bessern Methode zu gewinnen, welche auch gegenwärtig ziemlich allgemein aufgenommen ist. Das Metronom (von *μέτρον* das Maß und *νόμος* das Lied, die Melodie, oder von *μετρονόμος* der Maßaufseher, richtiger wohl von *μέτρον* das Maß und *νόμος* das Gesetz, also das Maß der gesetzlichen, richtigen Zeit) besteht aus einem schwarzen hölzernen Kasten in Form einer abgekürzten vierkantigen Pyramide A. Im obern Deckel derselben ruht in kleinen Pfannen die dünne metallne Axe, wovon die hölzerne Stange d P lothrecht durchbohrt ist. Unten an dieser etwa 0,5 Z. breiten und 0,25 Z. dicken Stange ist eine Linse P befestigt, welche dieselbe pendelartig schwingen macht, an ihrem obern Ende aber ist das verschiebbare Bleigewicht p befindlich, dessen statisches Moment, also, nach der Bezeichnung in der Formel, dessen Werth, wächst, so wie man es höher hinauf schiebt. Auf der Stange von c bis d sind Zahlen aufgetragen,

auf welche das Gewicht  $p$  gestellt wird, und diese sind so abgemessen, daß sie zugleich die Menge der Schwingungen des Pendels in einer Minute angeben, wobei sich von selbst versteht, daß von diesen die größern, die mit 160 anfangen, unten stehn und die kleinern, die mit 30 endigen, am obern Theile der Stange. Ist dann irgend eine Composition auf die hiernach übliche Weise bezeichnet, z. B.  $P = 36$  Mälz. oder  $P = 60$  Mälz. oder  $P = 70$  Mälz., so heißt dieses, das richtige Tempo findet dann statt, wenn die im bezeichneten Tonstücke vorkommenden Noten von dem ihnen eigenen Werthe so lange gehalten werden, als eine Schwingung des Pendels dauert, bei welcher das Bleigewicht auf die angegebene Zahl gestellt ist<sup>1</sup>.

Daß hierdurch ein absolut genaues Taktmaß angegeben werde, welches allerdings von großer Wichtigkeit für den richtigen Vortrag der Musikstücke ist, unterliegt keinem Zweifel. Es versteht sich dabei von selbst, daß beide Instrumente, das des Künstlers und des Componisten, gleichmäßig eingerichtet sind, was sich jedoch bei jedem einzelnen leicht durch Vergleichung mit einer richtigen Uhr und Zählung der auf eine Minute gehörenden Schwingungen ausmitteln läßt. Allerdings wird die hölzerne Stange dem Einflusse der Feuchtigkeit ausgesetzt seyn und deswegen keine absolut scharfe Messung gestatten, allein sie bleibt für ihren Zweck immer noch hinlänglich genau, und wollte man einige Erhöhung des Preises nicht scheuen, so könnte man eine metallne Stange wählen und diese auf einer Messerschneide schwingen lassen. Immerhin behält die Maschine durch den großen Umfang der gemessenen Zeittheile, die sich leicht von halben Minuten bis etwa zu Drittel Secunden vermehren ließen, bei einer Höhe von nicht völlig 2 par. F. einen entschiedenen Vorzug.

Wohlfeiler dagegen und leichter selbst nur für Kunstliebhaber in einzelnen Fällen herstellbar ist GOTTFRIED WEBER'S<sup>2</sup> pendelartiger *Taktmesser*, welcher zu größerer Bequemlichkeit mit dem Metronom correspondirt, so daß gleiche Bestimmun-

1 Leipz. musikal. Zeitung 1813. Nr. 27 u. 48. S. 441. 1814. Nr. 27 u. 41. 1815. Nr. 5. Allg. Anz. d. Deutschen 1814. Nr. 74 u. 101.

2 Allgemeine Musiklehre zum Selbstunterricht für Lehrer und Lernende u. s. w. 1831. 8. 8. XC. Leipziger musik. Zeit. a. a. O.

gen durch beide erhalten werden. Dieser besteht aus einem bloßen Faden mit einer Bleikugel, kommt also dem einfachen Pendel sehr nahe und dient zur Taktmessung dadurch, daß man bei ungleichen Längen des Fadens die Schwingungen der Kugel zählt. Zur größeren Bequemlichkeit des Messens ließe sich die Kugel an einem schmalen seidenen Bande befestigen, auf welches die erforderlichen, dem Metronom correspondirenden Längen durch Zahlen gedruckt werden könnten und das man in einer Klemme durch aufwärts und abwärts Ziehen gehörig feststellte, um die erforderlichen Schwingungen zu erhalten, wie die Zeichnung dieses zu besserer Versinnlichung darstellt, <sup>Fig. 41.</sup> worin p die schwingende Kugel und e die Klemme bezeichnet, die am Ende eines horizontalen Armes an einer verticalen Säule angebracht ist<sup>1</sup>. Allerdings ist ein bloßer Faden sowohl, als auch das vorgeschlagene Band dem Einflusse der Feuchtigkeit ausgesetzt, auch werden beide sich als elastisch etwas dehnen, allein die hieraus erwachsenden Unrichtigkeiten sind für den beabsichtigten Zweck ganz unbedeutend, indem dennoch die zu erreichende Genauigkeit größer ist, als sie verlangt wird. WEBER hat zu größerer Bequemlichkeit die Zahlen des Mälzel'schen Metronoms auf die Längen des taktmessenden Pendels in rheinländischen Zollen, englischen Zollen und Metern reducirt, fängt aber erst mit der Zahl 50 an, weil für die niedrigeren das Pendel zu lang werden würde, geht dagegen weit über die bis 160 reichende Grenze des Metronoms hinaus. Folgende Tabelle ist hieraus entstanden.

---

1 Die Figur zeigt den verticalen Durchschnitt einer 4,5 F. hohen Säule, an deren einer Seite WEBER's Taktmesser, an der andern MÄLZEL's Metronom, welches jedoch aus einer feinen Messingstange und einer auf einer Messerschneide balancirten Linse besteht, dargestellt ist.

Met.	rl. Zolle	Meter	engl. Z.	Met.	rl. Zolle	Meter	engl. Z.
50	54,708	1,4298	56,340	100	13,677	0,3574	14,085
52	50,581	1,3220	52,090	104	12,645	0,3305	13,022
54	46,903	1,2258	48,302	108	11,725	0,3064	12,075
56	43,613	1,1399	44,914	112	10,903	0,2844	11,228
58	40,657	1,0626	41,870	116	10,164	0,2656	10,467
60	37,992	0,9929	39,125	120	9,498	0,2482	9,781
63	34,459	0,9006	35,487	126	8,615	0,2251	8,872
66	31,398	0,8205	32,334	132	7,848	0,2051	8,083
69	28,727	0,7508	29,584	138	7,181	0,1877	7,396
72	26,383	0,6895	27,170	144	6,595	0,1723	6,792
76	23,679	0,6188	24,385	152	5,918	0,1547	6,096
80	21,369	0,5585	22,007	160	5,342	0,1396	5,502
84	19,383	0,5065	19,961	168	4,845	0,1266	4,990
88	17,661	0,4615	18,188	176	4,415	0,1154	4,547
92	16,156	0,4225	16,638	184	4,039	0,1056	4,159
96	14,839	0,3878	15,283	192	3,709	0,0969	3,820

#### d) Pendel zum technischen Gebrauche.

Pendelartige Vorrichtungen der verschiedensten Art werden bei Maschinen vielfach gebraucht. Dahin gehören die in horizontaler Ebene beweglichen Balken mit starken Gewichten an ihren Enden, vermittelt deren die Schraubenpressen die Stempel, z. B. beim Prägen der Münzen, mit großer Gewalt niederdrücken. Die Größen zur Berechnung ihrer Wirkung werden aus ihrer Masse, der ihnen ertheilten Geschwindigkeit und der dabei in Betracht kommenden Länge der Hebelarme entnommen. Die Kugeln der bekannten *Regulatoren* (englisch *governor* genannt) mit den Stangen, woran sie befestigt sind, schwingen nach den Gesetzen des konischen Pendels. Hauptsächlich aber bedient man sich verticaler Stangen mit daran hängenden schweren Gewichten, um hierdurch eine Erleichterung beim Heben schwerer Lasten zu erhalten, ein Mittel, dessen man sich noch häufiger bedienen sollte, als bereits geschieht, namentlich zu solchen Bewegungen, welche die Umdrehung einer Kurbel erfordern, weil die menschliche Kraft minder vorthailhaft hierfür<sup>1</sup>, als zur Bewegung eines Pendels, benutzt wird, vorausgesetzt, daß die ungleiche Geschwindigkeit während der Dauer einer Oscillation nicht nachtheilig wirkt. Am vorthailhaftesten bedient man sich daher der Pendel bei solchen Maschi-

1 Vergl. *Kraft* Bd. V. S. 989.

nen zur Verstärkung der Kraft durch die Schwingbewegung derselben, bei denen die Masse absatzweise gehoben wird, z. B. bei den Brunnenschwengeln, den Maschinen zum Stossen der Butter u. s. w. Auch das Läuten der Thurmglöcke ist eine sehr zusammengesetzte Pendelbewegung. Zuvörderst ist an sich klar, daß die rücksichtlich der Länge und der Vertheilung der Masse ungleichen Körper, die Glocke selbst und der Klöpfel, nicht gleichzeitig (isochronisch) schwingen können, aber auch nicht dürfen, weil sonst der letztere mitten in der ersteren herabhängend gleichzeitige Schwingungen machen und den Rand überall nicht berühren würde. In der Regel schwingt die Glocke durch die höhere Lage ihres Schwerpunktes und die ihr vermittelt des Ziehens gegebene größere Geschwindigkeit schneller, der Klöpfel erreicht sie beim Anfange der einen Schwingung, wird zurückgeschnellt und trifft sie wieder nach bereits begonnenem Rückgange. Um diesen periodischen Wechsel plötzlich eintreten zu lassen und den ersten Schlag sofort kräftiger zu machen, wird bei großen Glocken der Klöpfel vermittelt einer Gabel so lange festgestellt, bis die Glocke ihre regelmäßigen Oscillationen angenommen hat.

Mehrfach bedient man sich der pendelartig schwingenden Hämmer zum Eintreiben von Keilen oder sonst zum Stosse gegen bewegliche Lasten, indem man sie an einer Welle aufhängt und sie vermittelt eines horizontalen auf die Axe der Welle perpendicular gerichteten Hebelarmes bis zu einer gewissen Höhe emporhebt, damit sie beim Herabfallen im Punkte ihrer größten Tiefe den verlangten Stofs ausüben. Bei einer solchen Vorrichtung macht zwar die Reibung der Welle und die schwer bestimmbare Länge des Pendels von der Umdrehungsaxe bis zum Mittelpunkte der Schwingung eine völlig genaue Berechnung fast unmöglich, allein da es hierbei zunächst nur auf eine genäherte Bestimmung des zu erreichenden Nutzeffectes aus der Masse und der Geschwindigkeit des schlagenden Hammers ankommt, so läßt sich die Aufgabe auf folgende Weise auflösen. Wird der Hammer aus der lothrechten Lage Fig. 42. CP bis P gehoben, so daß er den Elongationswinkel  $\alpha$  mit der verticalen Linie CP bildet, so wird er auf der geneigten Ebene PP' herabfallend am Ende die nämliche Geschwindigkeit erlangen, als ob er lothrecht von a bis P herabgefallen wäre. Derselbe fällt zwar nicht auf der Chorde, sondern bewegt sich

in der Curve, und erhält somit eine größere Geschwindigkeit; allein wenn man dagegen die Reibung in Anschlag bringt und zugleich berücksichtigt, daß die Schwingungen nur durch größere Bogentheile geschehn, wodurch die Schwingungszeit verlängert, also die Geschwindigkeit vermindert wird, so folgt hieraus, daß das gefundene Resultat vom wahren Werthe nicht bedeutend abweicht. Eben dieses gilt für den Fall, wenn der Hammer bis  $P'$  gehoben wird, und es verhalten sich also die Fallräume bei verschiedenen Elongationswinkeln, wie  $aP : bP$ . Es ist aber für die Länge des Pendels (von der Schwingungsaxe bis zum Mittelpunkte der Schwingung)  $CP = l$  der Fallraum  $aP$ ,  $bP$  der sinus versus des Elongationswinkels, also der durchlaufene Raum

$$s = l \sin. \text{vers. } \alpha = l \cdot (1 - \cos. \alpha).$$

Um auf dem kürzesten und leichtesten Wege zu dem gesuchten Resultate zu gelangen, möge das einfache Secundenpendel als Einheit angenommen werden. Wird hiernach die Länge dieses Pendels als Einheit angenommen, so ist

$$s = 1 - \cos. \alpha$$

der vom Pendel in lothrechter Richtung bei dem Elongationswinkel  $= \alpha$  durchlaufene Raum. Der Raum, welchen ein frei fallender Körper in einer halben Secunde durchläuft, ist  $(\frac{1}{2})^2 g$ , also  $\frac{g}{4}$ , und es verhalten sich also beide Räume

$$s' : s = 1 - \cos. \alpha : \frac{g}{4}.$$

Für ein Pendel von einer andern Länge verhält sich die Schwingungszeit wie die Quadratwurzel aus der Länge,

$$t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'},$$

und wenn also die Länge und Schwingungszeit des Secundenpendels als Einheiten angenommen werden, so ist  $t' = \sqrt{l'}$ . Es verhalten sich aber die Geschwindigkeiten bewegter Körper direct wie die durchlaufenen Räume und umgekehrt wie die Zeiten, also ist

$$c' = \frac{s}{t} = \frac{1 - \cos. \alpha}{\sqrt{l}},$$

und wenn diese Geschwindigkeit mit derjenigen verglichen wird, welche aus dem von einem frei fallenden Körper in einer halben Secunde durchlaufen wird, so ist

$$c' : c = \frac{1 - \cos. \alpha}{\sqrt{l}} : \frac{g}{4},$$



und somit, wenn  $g = 15$  par. Fufs und die Länge des Secundenpendels  $= 3,05833$  Fufs als Einheit angenommen wird,

$$c' = \frac{4(1 - \cos. \alpha)}{g \sqrt{T}} = 0,45573 \frac{(1 - \cos. \alpha)}{\sqrt{T}},$$

wodurch das Verhältniß zwischen der Geschwindigkeit, der Länge und dem Elongationswinkel eines solchen Hammers gegeben ist, dessen Trägheitsmoment dann aus dem Producte seiner Masse in das Quadrat seiner Geschwindigkeit gefunden wird<sup>1</sup>. M.

## P e r i o d e.

*Periodus*; Periode; ist im Allgemeinen ein Zeitraum, nach dessen Vollendung gleiche Erscheinungen immer wieder eintreten. Unter den in der mathematischen Chronologie vorkommenden Perioden ist die *Julianische*, deren Gebrauch JOSEPH SCALIGER<sup>2</sup> eingeführt hat, die merkwürdigste, weil man gewohnt ist, alle verschiedenen Zeitrechnungen auf dieselbe zurückzuführen. Da von dieser im Art. *Cyclus* umständlich geredet worden ist, so erwähne ich hier nur einige andere Perioden. Die *griechisch-römische Periode* des PAGR sollte zu einem ähnlichen Zwecke in der Zeitrechnung dienen, wie die Julianische; da sie aber nie in Gebrauch gekommen, so ist es nicht nöthig, dabei zu verweilen<sup>3</sup>. Die *Hundssternperiode* (*annus magnus canicularis*). Die Aegyptier haben nach CENSORINUS ein Jahr von 365 Tagen ohne Einschaltung gehabt, aber bald bemerkt, daß in 4 Jahren der gleiche Stand der Sonne um einen Tag später eintrat, also der Anfang des Jahres in  $4 \times 365 = 1460$  Jahren alle Jahreszeiten durchlief. Da sie ursprünglich den Anfang ihres Jahres auf den Früh-Aufgang des Sirius zu setzen gewohnt waren, so hieß diese Periode von 1460 Jahren, nach welcher nämlich aufs neue der Früh-Aufgang des Sirius mit dem Anfange des Jahres zusammentraf, die Hundssternperiode. Daß diese Periode 1322 Jahr vor unsrer Zeitrechnung anfang

1 Auf eine ähnliche Weise hat sich HUTTON des Pendels zum Messen der Geschwindigkeit geschossener Kugeln bedient, wie Bd. I. S. 715. Art. *Ballistik* bereits gezeigt worden ist.

2 De emendatione temporum, Josephi Scaligeri opus novum, absolutum, perfectum etc. Francof. 1593. p. 198.

3 IDELER's Handb. der Chronologie. Th. II. S. 450.

und im 139sten Jahre unserer Zeitrechnung wieder anfang, zeigt IDLER, der auch alles, was die alten Schriftsteller hierüber angeben, gesammelt und verglichen hat<sup>1</sup>.

Woher bei den Aegyptiern die *Phönixperiode* von 500 Jahren entstanden sey, ist unbekannt, aber glaublich ist es allerdings, daß die Fabel von dem alle 500 Jahre eintretenden Wiedererscheinen des Phönix eine astronomische Bedeutung hatte<sup>2</sup>.

Von den verschiedenen Perioden, die man für das Zusammentreffen der Mondphasen mit den gleichen Tagen des Sonnenjahres angegeben hat, ist in dem Art. *Cyclus* das Wichtigste erwähnt worden<sup>3</sup>.

Die Perioden der Indier, welche viele Jahrtausende umfassen, gehören zwar sofern hierher, als sie sich an astronomische Begriffe anschließen, sie scheinen aber keine auf wirkliche Beobachtungen und Berechnungen gegründete Periode zu seyn. Die Periode *Maha Yug* von 12000 Jahren der Götter oder  $4320000 = 360 \cdot 12000$  Sonnenjahren scheint einen Zeitraum darstellen zu sollen, an dessen Anfang und an dessen Ende alle Planeten in Conjunction sind; aber nach STURM's Vergleichen finden bei der Bestimmung des Anfangs dieser und ähnlicher indischer Perioden die seltsamsten Ungleichheiten statt<sup>4</sup>. Nach STURM's Meinung, welcher alle bekannten Nachrichten sorgfältig verglichen zu haben scheint, ist die ganze Sternkunde und Chronologie der Indier zu wenig genau, um ihr einen Werth beizulegen, und überdies scheinen diese Perioden erst in ziemlich später Zeit ausgedacht worden zu seyn<sup>5</sup>, also keineswegs sich auf alte Beobachtungen zu beziehn. B.

## Perpetuum mobile.

Unter einem *perpetuum mobile*, welches selten auch ein Selbstbeweger genannt wird, versteht man ein Etwas, das

1 Handbuch Th. I. S. 124.

2 Ebendas. Th. I. S. 183.

3 MONTUCLA hist. des math. I. 163. und IDLER Th. I., S. 299. und an mehreren Stellen.

4 STURM Untersuchungen über die Sternkunde unter den Chinesen und Indiern. (Berlin 1831.) S. 120. 124.

5 Vergl. auch MONTUCLA hist. des math. I. 427.

sich stets bewegt, ohne sofort die Frage zu berücksichtigen, was für eine Ursache diese stete Bewegung hervorbringt. Auf dem Mangel einer Bestimmung hierüber beruhen manche Abweichungen in den Ansichten der Gelehrten über diese vielbesprochene Aufgabe und es scheint mir daher nöthig, sogleich im Anfange die Begriffe hierüber gehörig festzusetzen.

Wenn man unter einem Perpetuum mobile im strengsten Sinne des Wortes ein Etwas versteht, was sich unausgesetzt, also in alle Ewigkeit hin bewegt, so gehört diese Untersuchung gar nicht in die Physik, denn diese ist mit den Erscheinungen der Natur und ihren Gesetzen beschäftigt, die sie aus der Erfahrung entnimmt, kann aber dabei die Frage nicht beantworten, ob die Natur selbst ewig dauern wird, weil die Erfahrung hierüber nichts zu bestimmen vermag, vielmehr liegt schon im Begriffe einer ewigen Dauer die Bestimmung der Unendlichkeit, welche der auf endliche Grenzen beschränkten Untersuchung der Natur fremd bleiben muß. Soll daher die vielbesprochene Aufgabe in das Gebiet der mathematischen Naturlehre gehören, so muß der Begriff selbst vorher erst hiernach abgeändert und genauer bestimmt werden. Von einigen Gelehrten ist dieses bereits geschehn, indem sie nicht sowohl die Zeitdauer der Bewegung, als vielmehr die bewegende Ursache berücksichtigten und dabei die Frage in Untersuchung nahmen, ob diese eine stets wirkende sey, oder eine allmählig, wenn auch noch so wenig, abnehmende, weil im ersteren Falle zugleich die stete Fortdauer, im letzteren das einstige Aufhören von selbst gegeben ist, ohne jedoch die Behauptung einer absolut ewigen Fortdauer positiv anzusprechen. Auf gleiche Weise wird in der Mathematik von unendlichen Reihen geredet und deren wirkliche Existenz als gegeben angenommen, weil bei ihnen durchaus kein Grund des Aufhörens vorhanden ist. Die metaphysische Betrachtung über die absolute Möglichkeit einer absolut ewigen Fortdauer muß daher ganz bei Seite gesetzt werden, und auf gleiche Weise ist es daher zweckwidrig zu untersuchen, ob das Materiale eines Perpetuum mobile bei der Vergänglichkeit aller irdischen Dinge nicht endlich der Zerstörung unterliegen müsse, denn die Härte und Dauerhaftigkeit der Körper läßt sich stets vermehren, die Reibung und Abnutzung dagegen stets vermindern, ohne daß man eine Grenze anzugeben genöthigt ist, über welche Leides hinauszugehn nicht vermag.

Nach dieser auf die bewegende Ursache gegründeten Bestimmung giebt es zwei oft mit einander verwechselte Classen von Maschinen, die in das Gebiet des *Perpetuum mobile* fallen, die schon an sich durch ihren Namen kenntlich werden, wenn man das *perpetuum mobile physicum* von dem *perpetuum mobile mechanicum* unterscheidet<sup>1</sup>.

Reden wir zuerst vom *perpetuum mobile physicum*, so unterliegt es keinem Zweifel, daß es ein solches geben könne, da der Kreislauf der Dinge in der Natur ein stets fortdauernder, ununterbrochen sich erneuernder ist. Vermag man daher irgend eine solche, in der Natur vorhandene Kraft zur Bewegung einer Vorrichtung zu benutzen, so ist damit die Aufgabe gelöst. Verschiedene Mechanismen dieser Art sind in der Wirklichkeit gegeben, die man in dieser speciellen Beziehung oft nicht einmal hinlänglich beachtet. So ist unter andern unser Planetensystem ein wahres *perpetuum mobile*, nicht minder die sich um ihre Axe drehende Erde, ein Fluß, welcher durch den unausgesetzten Wechsel der Verdunstung und des Niederschlags ununterbrochen fließt, ein Barometer, dessen Schwankungen wegen nie fehlender Luftströmungen ohne Unterlaß stattfinden, die täglich oscillirenden Magnetnadeln; alle diese und unzählige andere Apparate bewegen sich unverkennbar beständig, aber die bewegende Kraft oder Ursache ist durch die Natur selbst gegeben, und sie gehören also insgesamt unter diejenige Classe von Vorrichtungen, die man mit dem gemeinschaftlichen Namen eines *perpetuum mobile physicum* benennen kann<sup>2</sup>. Nach diesem allgemeinen Principe wird dann auch die Frage zu beantworten seyn, ob das aus zwei trocknen elektrischen Säulen und einem Pendel bestehende *perpetuum mobile electricum* diesen seinen Namen wirklich verdiene. Es beruht dieses nämlich auf dem durch Erfahrung schwer auszumittelnden Satze, ob die fortgesetzte Entwicklung der Elektricität in solchen Säulen ohne die mindeste Veränderung der beiden angewandten Elek-

1 KRATZENSTEIN Nov. Comm. Pet. II. 222. unterscheidet auf gleiche Weise das *perpetuum mobile naturale* vom *artificiale* oder *mechanicum*.

2 Dahin gehört auch KRATZENSTEIN's nicht verwerflicher Vorschlag, die Ausdehnung der Metallstangen durch den gewöhnlichen Wechsel der Temperatur als mechanisches Bewegungsmittel zu benutzen. S. a. a. O.

tromotoren und der leitenden Substanz geschehn könne oder nicht, indem im erstern Falle die Frage bejaht werden müßte, im andern aber verneint<sup>1</sup>.

Die hier aufgestellte Ansicht nebst den darauf gegründeten Bestimmungen scheint mir so einfach und klar, daß ich es für überflüssig halte, noch etwas Weiteres hinzuzufügen. Ganz anders verhält es sich dagegen mit dem *perpetuum mobile mechanicum*, welches meistens verstanden wird, wenn von der Möglichkeit seiner Darstellung die Rede ist. Beim gesammten Maschinenwesen kommt nämlich vorzugsweise die bewegende Kraft in Betrachtung, sie erfordert in der Regel den größten Aufwand, und manche übrigens höchst sinnreiche Constructionen können nicht in Anwendung gebracht werden, weil es an einem leicht zu erhaltenden und einfachen bewegenden Mittel fehlt. Man verfiel daher zuerst wohl des großen Nutzens wegen auf die Idee, ob es möglich sey, eine solche Maschine zu construiren, welche die Ursache ihrer Bewegung in sich selbst habe, oder welche durch ihre eigene Bewegung die bewegende Kraft stets wieder erneure, und als diese Aufgabe unerwartet große Schwierigkeiten darbot, so fand der menschliche Scharfsinn eben hierin einen bedeutenden Antrieb zur Anstrengung, um nicht an den hierbei zu überwindenden Hindernissen zu scheitern. Obgleich man daher den großen zu erzielenden Gewinn nie ganz aus den Augen verlor, so strebte man doch zunächst meistens nur nach einer wissenschaftlichen Lösung des an sich so wichtigen Problems. Hiermit beschäftigten sich seit den ältesten Zeiten bis auf diesen Augenblick nicht bloß die mit den Gesetzen der Natur und der Bewegung wohl vertrauten Gelehrten, sondern hauptsächlich solche, die bei einiger, aber beschränkter, Kenntniß der Mechanik ihren Kräften zu viel zutrauten, eben daher ihre unreifen Ideen sogleich durch einen Versuch zu realisiren strebten und dabei nicht selten durch zu großen Eifer mehr Zeit und Aufwand auf eine Reihe erfolgloser Proben verwandten, als mit ihren Verhältnissen verträglich war, so daß schon mancher sein ganzes Vermögen und eine gute Existenz den vergeblichen Bemühungen dieser Art zum Opfer brachte. Schon aus dieser Ursache ist der Gegenstand keineswegs unwichtig, verdient vielmehr eine nähere Be-

---

1 S. Säule, elektrische, trockne.

trachtung, die sich jedoch füglich auf einen geringen Umfang beschränken läßt.

Vor allen Dingen ist die Frage von grofser Wichtigkeit, ob ein *perpetuum mobile mechanicum* überhaupt im Gebiete der Möglichkeit liege. Die Urtheile der Mechaniker hierüber sind verschieden, indem einige sich dafür, andere dagegen erklären, wovon die Ursache zum Theil an der nicht hinlänglich scharfen Feststellung der Aufgabe beruht, von welcher der beiden Arten des Perpetuum mobile eigentlich die Rede sey. Ohne dafs es mir der Mühe werth scheint, in eine Prüfung der einzelnen hierüber vorhandenen Aussprüche einzugehn, glaube ich durch folgende Betrachtungen die Sache in ein hinlänglich helles Licht zu stellen.

Dafs es irgend eine Maschine geben könne, welche in Ruhe befindlich die Ursache ihrer Bewegung im strengsten Sinne aus sich selbst nehme, ist ganz unmöglich, denn eine jede solche Vorrichtung mufs aus Materie bestehn und es gilt als ein unbestrittenes Axiom in der Physik, dafs die Materie die Ursache ihrer Ruhe und ihrer Bewegung nicht in sich selbst habe. Wollte man hiergegen einwenden, dafs alles Materielle allerdings die Wirkungen von Kräften zeige, namentlich die der Anziehungskraft, so würde man durch die Ansprüche an eine solche stetig wirkende Naturkraft aus dem Gebiete eines *perpetuum mobile mechanicum* in das des *physicum* übergehn, wie sich im Verfolge dieser Untersuchungen noch näher ergeben wird. Ausserdem ist die gesammte angewandte Mechanik nur auf einige wenige Fundamentalmaschinen, die Seilmaschine, den Hebel und die geneigte Ebene, beschränkt, bei denen zunächst nur das Verhältnifs der durchlaufenen Räume und der hierauf verwandten Zeiten für gegebene Kräfte und Lasten in Betrachtung kommt. Indem aber alle mögliche Constructionen hierauf zurückkommen, so setzt eine aus der blofsen Anordnung der Maschinentheile von selbst hervorgehende Kraft die Entstehung eines Etwas aus dem Nichts voraus, welches im Gebiete der Naturlehre unzulässig ist, wo der Satz *ex nihilo nil fit* einmal als unumstößliches Axiom gilt, wie auch immer die speculative Philosophie über dessen Begründung urtheilen mag. Genau genommen sind auch alle diejenigen, welche die Möglichkeit eines *perpetuum mobile mechanicum* behaupteten oder gar sich mit

der Herstellung desselben beschäftigten, dieser nämlich Meinung gewesen.

Ganz anders aber stellt sich die Sache dar, wenn man einräumt, daß die Bewegung ursprünglich durch irgend einen Impuls gegeben werde und dann nur ohne Aufhören fortdauern, solle. Diese Voraussetzung, von welcher alle Vertheidiger und Erfinder solcher Maschinen ausgingen, machte die Aufgabe ungleich verwickelter und schwieriger und leitete alle diejenigen irre, die sie nicht auf ihre ursprüngliche Einfachheit zurückführten. Ist nämlich einmal eine Bewegung gegeben, so fordert das Gesetz der Trägheit, daß sie ewig fortdaure, wenn nicht Hindernisse dieselbe früher oder später durch ihre Reaction aufheben, und hierdurch ist die theoretische Möglichkeit eines *perpetuum mobile mechanicum* ohne Widerrede bündig bewiesen, weil man *in abstracto* annehmen darf, daß die möglichen Hindernisse einer gegebenen Bewegung bis zum gänzlichen Verschwinden derselben sich beseitigen lassen. Darf man annehmen, daß unser Planetensystem selbst ursprünglich durch irgend einen Impuls in Bewegung gesetzt worden sey und diese einmal erhaltene stets beibehalte, so ist auch dieses ein solches *perpetuum mobile mechanicum*, und wenn alle im steten Wechsel befindliche Naturkräfte anfangs in Thätigkeit gesetzt wurden, so kommt ein jedes noch jetzt vorhandenes physisches Perpetuum mobile auf ein anfängliches mechanisches zurück. Fruchtbarer als alle diese zu keinem nützlichen Ziele führenden Betrachtungen ist die zunächst bei der Sache liegende Anwendung, daß ein jedes solches einfaches *perpetuum mobile mechanicum* keinen größern Nutzeffect bringen könne, als die ursprünglich verwandte Kraft beträgt, weil der Nutzeffect eine zu überwindende Reaction voraussetzt, die der Action allezeit proportional seyn muß, selbst wenn alle Hindernisse der Bewegung völlig beseitigt wären. Wenn man daher z. B. an einer sehr feinen Axe ein Rad befestigt, dabei den Widerstand des Mittels und die Reibung gänzlich aufhebe und dasselbe dann in Bewegung setze, so müßte diese einmal erhaltene Bewegung in Ewigkeit fortdauern. Eben dieses würde bei einem schwingenden Pendel und bei vielen andern Apparaten stattfinden müssen und die Erfindung eines *perpetuum mobile mechanicum* wäre sonach eben so einfach als leicht; aber eben diese Einfachheit und Leichtigkeit muß alle diejenigen von ihrem vergeblichen Be-

mühen zürückschrecken, welche die wirkliche Ausführung desselben aufgefunden zu haben sich schmeicheln, weil die hierbei vorausgesetzten Bedingungen, nämlich gänzliche Beseitigung der Reibung und des Widerstandes der Mittel, in der Wirklichkeit für irdische Gegenstände nicht erreichbar ist.

Es ist jedoch bekannt, daß man bei dieser einfachen, aber allen andern zum Grunde liegenden Construction keineswegs stehn blieb, vielmehr die Lösung des großen Problems durch höchst zusammengesetzte und ungewöhnlich kunstreich gebaute Maschinen zu erreichen suchte, wodurch zwar die Uebersicht des Mechanismus erschwert, die Sache selbst aber dem erwünschten Ziele keineswegs näher gerückt wurde. Man könnte hierbei folgendes Princip zum Grunde legen. Ist einmal irgend ein Theil einer Maschine durch eine gegebene Kraft in Bewegung gesetzt, so kann er diese einem andern, mit ihm verbundenen, mittheilen, dieser einem folgenden, und so ins Unendliche. Würde hierbei unter der oben angenommenen Voraussetzung einer gänzlichen Abwesenheit aller Hindernisse der Bewegung die ursprünglich angewandte Kraft gar nicht vermindert, so müßte auch auf diesem Wege ein *perpetuum mobile mechanicum* möglich seyn, allein die Unmöglichkeit der letztgenannten Bedingung nicht gerechnet würde ein solches eine unendliche Menge von Theilen erfordern und liegt also ganz außer dem Gebiete der bloß auf das Endliche beschränkten Natur. Aber auch dieser Weg ist derjenige nicht, auf welchem man zum vorgesetzten Zwecke zu gelangen strebte, obgleich die Erfinder solcher Maschinen bei der wirklichen Ausführung zu den bereits vorhandenen Theilen stets neue hinzufügten oder hinzufügen zu müssen glaubten, wenn sich die bereits vorhandenen als ungenügend zeigten, vielmehr sollte der anfangs in Bewegung gesetzte Maschinenthail einen andern und dieser wieder einen andern und so fort alle mit einander verbundenen bewegen, jedoch so, daß ihre Anzahl eine endliche sey und der zuerst bewegte nicht nur in seine ursprüngliche Lage zurückgebracht würde, sondern auch durch die Bewegung der übrigen Maschinentheile eine seiner anfänglichen nicht bloß gleiche, sondern diese sogar noch übertreffende Kraft erlangt habe, um diese dann aufs Neue mitzuthemen. Wenn man bei dieser hypothetischen Construction annimmt, daß durch die Hindernisse der Bewegung in der ganzen, vorläufig unbestimm-



ten Menge der Maschinentheile von der ursprünglich mitgetheilten Kraft nichts verloren würde, so wäre eine solche, wie künstlich auch immer zusammengesetzte, Maschine dem Wesen nach keine andere, als die oben genannten einfachen, insofern ein jeder Maschinentheil als eine einfache, für sich bestehende, die anfängliche Bewegung erhaltende und ungeschwächt mittheilende Maschine betrachtet werden kann, weswegen auch das dort Gesagte hier Anwendung findet; man wollte jedoch durch mechanische Mittel die ursprünglich gegebene Kraft nicht bloß erhalten, sondern auch noch so viel gewinnen, als durch die unvermeidlichen Hindernisse der Bewegung verloren wird. Bringt man aber auch diese Aufgabe auf die einfachsten Grundsätze zurück, so besitzen wir aller zahllosen und kunstreichen Combinationen ungeachtet nur zwei mechanische Mittel, nämlich den Hebel und die geneigte Ebene, die jedoch beide weder einzeln noch in ihrer Verbindung irgend eine neue Kraft erzeugen können, um dadurch den endlichen Stillstand der aus ihnen erbauten Maschinen in Folge der unvermeidlichen Hindernisse der Bewegung aufzuhalten<sup>1</sup>.

Je auffallender aus diesen Untersuchungen die Unmöglichkeit hervorgeht, ein *perpetuum mobile mechanicum* zu construiren, um so mehr muß man sich wundern, daß so viele Männer in einem so langen Zeitraume unbeschreiblich viele Zeit und Mühe auf die Erfindung desselben verwenden konnten. Die Ursache hiervon liegt in dem bei den bisherigen Betrachtungen noch nicht berücksichtigten Umstande, daß das mechanische Perpetuum mobile von dem physischen nicht gehörig geschieden wurde, indem man meistens eine stetig wirkende Naturkraft zur unablässigen Bewegung irgend einer Maschine benutzen, jene aber zugleich durch künstliche Combinationen so verstecken wollte, daß es scheinen möchte, als ob der erhaltene Effect bloß aus der Anwendung mechanischer Mittel hervorgegangen sey. Wenn wir hierbei von der durchaus ungenügenden Construction solcher Maschinen abstrahiren, deren Erfinder die Bewegung durch die Elasticität gespannter Federn hervorzubringen sich bemühten, die jedoch auf jeden Fall keine größere Wirkung äußern kann, als die zu ihrer Spannung ver-

---

1 Eine ähnliche Betrachtung von AMY findet sich in Trans. of the Cambridge Roy. Soc. T. III. p. 369.

wandte Kraft an sich schon giebt, so bleibt einzig die Schwere übrig, welche einen stetigen Druck erzeugt, und daher allerdings als eine ununterbrochen wirkende Kraft betrachtet werden kann. Man muß jedoch berücksichtigen, daß dieser Druck nur so lange stattfindet, als der Körper ruht, dagegen auf seine eigene Bewegung verwandt wird, sobald derselbe, in welcher beliebigen Bahn es seyn mag, zu fallen anfängt. Dieser im Fallen begriffene Körper erzeugt alsdann zwar allerdings durch Mittheilung eine seiner eigenen *quantitas motus* proportionale Bewegung, und dieses so lange, als er selbst fällt (worauf unter andern die Anwendung der Gewichte bei den Standuhren beruht), allein da die Schwere selbst eine Wirkung der Anziehung unsrer Erde und im Mittelpuncte der letztern  $= 0$  ist, so muß auch der durch sie erzeugte Fall der Körper endlich aufhören, es sey denn, daß man die Aufgabe wiederum auf ein ganz einfaches *perpetuum mobile physicum* zurückführt und einen von der Oberfläche der Erde durch ihr Centrum nach der entgegengesetzten Seite fallenden und von da an zu seinem ursprünglichen Orte zurückkehrenden Körper annehmen wollte, was physisch unmöglich und gewiß niemanden wirklich anzuwenden jemals in den Sinn gekommen ist. Die durch einen fallenden Körper erzeugte *quantitas motus* kann aber nie größer werden, als dazu erfordert wird, um einen gleich schweren Körper zu einer derjenigen gleichen Höhe zu bringen, wovon der erstere herabfiel, aber auch dieses nur unter der Bedingung, daß durch die Hindernisse der Bewegung bei beiden nichts von der gegebenen Kraft verloren geht. Allerdings wird eine geringere Last durch eine größere verhältnißmäßig höher gehoben und kann daher bei gleicher Geschwindigkeit beider auch eine längere Zeit in Bewegung erhalten werden; wollte man jedoch hierauf ein Perpetuum mobile gründen, so ist klar, daß hierzu ein unendliches Gewicht erfordert würde; um ein gegebenes kleineres ohne Aufhören zu bewegen, oder das letztere müßte unendlich klein seyn, wenn seine Bewegung niemals aufhören sollte, welches beides abermals außer den Grenzen der Natur liegt. Soll dagegen das ursprünglich bewegte Gewicht wieder an seinen anfänglichen Ort zurückgebracht werden, um seinen ersten Impuls wieder zu erneuern, so wird dazu eine der von ihm erzeugten ganz gleiche Kraft erfordert, welche aus seiner eigenen Schwere und der ihm mitgetheilten

besteht. Die erstere von diesen wird durch die erforderliche Hebung  $= 0$ , die letztere dagegen würde ohne vorhandene Hindernisse der Bewegung ohne Aufhören fortwirken, und dieses wird um so mehr der Fall seyn, je einfacher die nach diesem Principe gebaute Maschine ist, weil die Menge der angewandten Maschinentheile im Allgemeinen die Hindernisse der Bewegung im directen Verhältnisse vermehrt. Hiernach käme man jedoch auf die einfachen Vorrichtungen, z. B. ein schwingendes Pendel oder einen oscillirenden Waagebalken u. s. w., zurück, welche allerdings ohne alle Hindernisse der Bewegung unaufhörlich sich zu bewegen fortfahren würden, dennoch aber ist es gewiß niemanden in den Sinn gekommen, sie zur Construction eines *perpetuum mobile mechanicum* zu benutzen, weil von einer gänzlichen Entfernung jener Hindernisse keine Rede seyn kann.

Nach diesen Betrachtungen, aus denen die Unmöglichkeit der Construction eines *perpetuum mobile mechanicum* unwidersprechlich hervorgeht, wird es überflüssig seyn, die vielen Versuche zur Lösung dieses Problems einzeln zu untersuchen, vielmehr scheint es mir zweckmäßiger, Folgendes im Allgemeinen hierüber zu bemerken. Die gesammten bekannt gewordenen Mechanismen kommen darauf hinaus, durch den Fall eines gegebenen Gewichtes ein anderes zu heben und den dabei unvermeidlichen Verlust durch Benutzung der mechanischen Mittel, namentlich des Hebels und der geneigten Ebene, zu ersetzen; denn obgleich mitunter auch die Elasticität gespannter Federn hierbei in Anwendung gebracht wurde, so geschah dieses doch nur von denen, die mit den Gesetzen der Natur allzuwenig vertraut waren. Kein Körper ist nämlich in der Art vollkommen elastisch, daß seine Rückwirkung größer oder auch nur gleich groß seyn könnte, als die ihn zusammendrückende Kraft, indem es allgemein bekannt ist, daß eine vollkommen elastische Kugel nach dem Falle eben so hoch steigen müßte, als sie herabgefallen ist, und also bei gänzlicher Abwesenheit der Hindernisse ihrer Bewegung unmittelbar ein *perpetuum mobile* geben würde<sup>1</sup>. In wiefern die Anwendung der geneigten Ebene, die man mitunter für herabfallende Kugeln zu benutzen gesucht hat, durchaus zwecklos ist, bedarf keiner weitem Er-

<sup>1</sup> Vergl. *Elasticität* Bd. III. S. 177.  
Bd. VII.

örterung, da bekanntlich der Fall der Körper auf vorgeschriebener Bahn durchaus mit dem freien Falle derselben übereinkommt und daher in den bisherigen Untersuchungen schon erledigt ist. Am meisten hat man die Anwendung des Hebels versucht, dessen Unzulässigkeit zur Erreichung des vorliegenden Zweckes jedoch aus folgender Betrachtung hervorgeht.

Die meisten Versuche einer Erfindung des Perpetuum mobile beruhen dem Wesen nach auf den Gesetzen des Hebels in der Art, wie dieselben sich am besten durch geometrische Construction anschaulich machen lassen, wenn auch die Gestalt der Maschinen und die Anordnung der Hebelarme nebst den sie bewegenden Lasten verschieden seyn mag. Ist nämlich der Ring oder das Rad AB überall gleichmäfsig dick und in seinem Centrum C auf einer Axe befestigt, befinden sich ferner die gleichen Lasten a, b, c, d in gleichem Abstände vom Mittelpuncte, so wird die Maschine in jeder Lage ruhn. Wäre es dann möglich, das Gewicht a an diejenige Stelle zu bringen, welche a einnimmt, so würde c mit einem der Länge seines Hebelarmes proportionalen Uebergewichte herabsinken. Auf den ersten Blick scheint nur eine unbedeutende Kraft erforderlich zu seyn, um die angegebene Ortsveränderung hervorzubringen, wenn namentlich die Bewegung in horizontaler Ebene stattfände, wobei also blofs die Reibung zu überwinden wäre, die aus dem Ueberschusse der Hebelkraft leicht hervorgehn würde; allein man mufs wohl überlegen, dafs bei der angenommenen Anordnung der Theile ursprünglich gar keine bewegende Kraft vorhanden ist, wenn a in der horizontalen Lage sich befindet, mithin auch gar keine Bewegung desselben stattfinden kann, wie gering man auch die hierzu erforderliche Kraft annehmen mag. Diesem Mangel könnte jedoch in Gemäfsheit der vorausgegangenen allgemeinen Betrachtungen abgeholfen werden, wenn man mittelst einer ursprünglich angewandten Kraft die erforderliche Bewegung hervorbrächte, und das *perpetuum mobile* wäre wirklich hergestellt, wenn demnächst das Uebergewicht am längern Hebelarme so viel betrüge, als erforderlich ist, um die Last a bei ihrer Rückkehr zur anfänglichen Stelle wieder an den Ort a zu bewegen und zugleich die Reibung der ganzen Maschine zu überwinden, weil dann die ursprünglich angewandte Kraft ohne Ende in ihrer ganzen Gröfse erhalten würde. Man übersieht jedoch bald, dafs durch die angegebene Ortsver-

Änderung der Last  $a$ , auf welche Weise dieselbe auch bewerkstelligt werden mag, das Gewicht  $c$  herabsinken und an die Stelle von  $b$  gelangen würde, während  $a$  den Ort  $\delta$  erhält. Nimmt man hierbei auf die Vertauschung der Buchstaben keine Rücksicht, so würden dann die Gewichte  $c$ ,  $a$ ,  $b$  und  $\delta$  auf die Hebelarme wirken. Bei der hiernach erzeugten Bewegung, wenn nämlich  $c$  an die Stelle von  $b$  und  $a$  an die Stelle von  $\delta$  gelangt, kann  $b$  durch seinen Fall nicht ganz bis an den Ort  $a$  emporsteigen, weil es zwar allerdings nach mechanischen Gesetzen eben so hoch steigen müßte, als es herabgefallen ist, dabei aber durch den Widerstand des Mittels, worin die Bewegung stattfindet, und durch Reibung etwas verliert. Dieser bei jeder Drehung stattfindende Verlust würde also die ursprünglich mitgetheilte Kraft allmählig erschöpfen und die Maschine wäre nichts anderes als ein Pendel, welches so lange oscillirt, oder eine Scheibe auf einer Axe, welche so lange herumläuft, bis die ursprünglich mitgetheilten Bewegungen durch die zu überwindenden Hindernisse erschöpft sind.

Wenn man von einer Fortdauer dieser ursprünglich mitgetheilten Bewegung abstrahirt und also bloß annimmt, daß durch eine anfänglich wirkende Ursache das Gewicht  $a$  in die Lage  $\alpha$  gebracht, hierdurch also diejenige Bewegung erzeugt sey, vermöge deren  $c$  durch den Einfluß des längeren Hebelarmes herabsinkt, bis es den Ort  $b$  einnimmt, wenn man ferner die Oscillation nicht berücksichtigt, vermöge deren das aus dem Orte  $c$  in den des  $b$  übergegangene Gewicht einigemal zwischen  $a$  und  $c$  oscilliren wird, so ist klar, daß durch das Gleichgewicht der Lasten  $c$  und  $a$  und das Uebergewicht von  $b$  über  $\delta$  die Maschine wieder in Ruhe kommen muß. Zur Fortsetzung der Bewegung wäre dann erforderlich, daß abermals  $a$  nach  $\alpha$  versetzt würde, was jedoch keine Umdrehung der Maschine durch 90 Grade, sondern nur durch 45 Grade zu erzeugen vermöchte, wenn man auch hierbei die etwa erfolgende Oscillation nicht berücksichtigt, weil die beiden Lasten  $c$  und  $b$  durch ihre gleichen Uebergewichte nur in gleichem Abstände von einem durch  $C$  gehenden Perpendikel zur Ruhe gelangen können. Hieraus ergibt sich schon unmittelbar, daß selbst der Einfluß einer anfänglich wirkenden Kraft allmählig abnimmt, indem eine solche, auf den Ort  $a$  beschränkte, bei der angenommenen Anordnung der Maschinentheile, weiter sich zu äußern aufhören und also

Stillstand erfolgen müßte. Soll dieses nicht geschehn, so wäre unter der Annahme einer anfänglichen Versetzung der Last  $a$  nach  $\alpha$  erforderlich, daß diese, in  $\delta$  angelangt, wieder bis  $d$  in ihre ursprüngliche Lage gehoben würde. Daß hierzu aber das gesammte Uebergewicht der Last  $c$  über die Last  $a$  erforderlich sey, ergiebt sich einfach, wenn man berücksichtigt, daß beide als pendelartig in den Kreisbögen  $pp'$  und  $\pi\pi'$  schwingend anzusehn sind, diese Schwingungen sich aber auf die lothrechten Coordinaten  $Cp'$  und  $C\pi'$  zurückführen lassen. Der Ueberschuß des Fallraums ist hiernach  $= \pi'p'$ , und da dieser genau  $= \mu\mu'$ , also  $=$  der Höhe ist, auf welche das dem Gewichte  $c$  gleiche Gewicht  $\delta$  gehoben werden muß, um an den Ort  $d$  zu gelangen, so wird das gesammte gewonnene Uebergewicht hierdurch erschöpft und die Maschine muß stillstehn, sobald die ursprünglich mitgetheilte Bewegung zur Ueberwindung der unvermeidlichen Hindernisse verwandt ist; sie hat in sich keine fortdauernde Ursache der Bewegung und ist kein *perpetuum mobile mechanicum*.

Diejenigen, welche sich vergebens bemühten, auf dem angegebenen Wege zur Erreichung des erwünschten Zieles zu gelangen, würden sich hiervon gleichfalls ohne Mühe überzeugt haben, wenn sie bei dieser einfachen Construction stehn geblieben wären. Es unterliegt nämlich keinem Zweifel, daß die angegebenen Schlußfolgerungen auch dann noch stattfinden, wenn man statt der angenommenen 4 Gewichte eine beliebige Anzahl annehmen wollte; die Demonstration wird dadurch nur verwickelter und die Uebersicht schwieriger, wenn man die Wirkung aller in ihren verschiedenen Lagen berücksichtigen und das gemeinschaftliche Resultat in eins zusammenfassen will, wobei es keinem Zweifel unterliegt, daß dasselbe kein anderes seyn kann, als wozu man weit leichter gelangt, wenn man die einander balancirenden Gewichte bloß in ihren Hauptlagen, nämlich der horizontalen und der verticalen, berücksichtigt. Es folgt hieraus ferner von selbst, daß durch die künstlichsten Vorrichtungen im Wesentlichen nichts gewonnen wird, wenn man z. B. statt der vier gewählten Cylinder deren 16 oder 30 oder sonst eine beliebige Menge nach gleichen oder ungleichen Zahlen in Anwendung bringt, oder statt einer Verschiebung des Gewichts  $a$  an den Ort  $\alpha$  einer Drehung desselben um eine im Ringe  $AB$  befestigte horizontale Axe den Vorzug einräumt,

oder Kugeln lothrecht herabfallen und auf der geneigten Ebene oder in sonstigen Curven wieder gehoben werden läßt u. s. w.

Wenn aus diesen Betrachtungen die Unmöglichkeit folgt, ein *perpetuum mobile mechanicum* wirklich darzustellen, so wird es nunmehr genügen, nur die bekanntesten Maschinen, die diesen Namen erhalten haben, kurz namhaft zu machen, wobei ich jedoch diejenigen weglassen, welche unter die Classe des *perpetuum mobile physicum* gehören, als das Barometer von COXE, die durch den Luftzug oder die Erschütterung bewegten Uhren des LE PAUTE<sup>1</sup> und RECORDER<sup>2</sup>, die Uhren mit Zamboni'schen Säulen u. s. w. Die unbestimmten Andeutungen älterer Maschinen dieser Art, z. B. durch CASPAR SCHOTT<sup>3</sup>, FRANCISCUS DE LANIS<sup>4</sup> u. a., das unächte *perpetuum mobile*, welches PAPINUS und BERNOULLI<sup>5</sup> prüften, und die große Zahl der sonstigen, zwar öffentlich bekannt gemachten, aber ohne nähere Untersuchung von selbst wieder vergessenen, also sicher ungenügenden Apparate verdienen keine nähere Erwähnung. Am meisten Aufmerksamkeit aber erregte das *perpetuum mobile* des ORFFYREY (eigentlich BESSLER)<sup>6</sup>, welches sogar von einer gelehrten Commission, worunter sich auch Dr. FR. HOFFMANN und v. WOLFF befanden, für ein solches erkannt wurde<sup>7</sup>. Den heftigsten Gegner fand diese Maschine an dem gelehrten Mechaniker GÄRTNER in Dresden, welcher sich öffentlich zur Zahlung von 1000 Reichsthalern erbot, wenn dieselbe nur vier Wochen sich unausgesetzt bewegen würde<sup>8</sup>, wie denn schon früher auch BORLACH<sup>9</sup> dieselbe für betrügerisch erklärt hatte. Der Landgraf CARL von Hessen.-Cassel rief jedoch den berühmten gewordenen Künstler nach seiner Residenz, damit er ihm eine

1 LE PAUTE Traité sur l'Horlogerie. Par. 1755. 4. p. 129.

2 Journ. de Phys. XVI. 60.

3 Technica curiosa. Lips. 1664. Lib. X. Part. I. p. 732.

4 Magisterium naturae et artis T. I. L. VIII.

5 Acta Erud. Lips. 1686.

6 Gött. Taschenkal. 1797. S. 171.

7 Gründlicher Bericht von dem durch Herrn ORFFYREUM glücklich inventirten Perpetuo-mobili. Leipz. 1715. s'GRAVESANDE oeuv. philos. Amst. 1774. T. I. p. 305. Acta Erud. Lips. 1715. p. 46.

8 Offerte von Eintausend Thaler gegen Herrn Orffyreus. Dresden 1717.

9 BORLACH's Gegenbericht von dem Perpetuum-mobile, daß dergleichen keins in natura geben könne. 1716.

solche auf dem Weissenstein daselbst aufzustellende Maschine verfertigen möge, womit derselbe auch zu Stande gekommen seyn, das Kunstwerk aber nachher selbst wieder zerschlagen haben soll<sup>1</sup>. Inzwischen bewog die beharrliche Behauptung GÄRTNER's, daß in der vielbesprochenen Maschine eine bewegende Kraft dem Auge des Beobachters verborgen sey, den König AUGUST II. von Polen zu der Aufforderung, daß auch er selbst eine solche mit einem versteckten Mechanismus zu Stande bringen möge, worauf derselbe drei Maschinen dieser Art construirte. Zwei von diesen waren von der Art, wie man sie noch jetzt zuweilen in Cabinetten findet, bei denen Kugeln ein Rad zu bewegen und durch dasselbe auf einer schraubensförmig gewundenen geneigten Ebene wieder in die Höhe gehoben zu werden scheinen, das eigentliche Triebwerk ist aber in dem Kasten verborgen, auf welchem die Maschine steht, und wird durch ein verstecktes Schlüsselloch aufgezogen.

Aehnliche Vorrichtungen mit einem künstlich verborgenen bewegenden Mechanismus sind die Uhren des GROLIER DE SERVIERE<sup>2</sup>, unter andern diejenige, wobei eine Kugel auf einer spiralförmig gewundenen geneigten Ebene herabrollte und dann durch eine Feder wieder emporgeschnellt wurde, oder wobei eine Kugel die Körper von zwei Schlangen durchlief, indem sie allezeit aus dem Maule der einen in den Schwanz der andern ausgespien wurde, ferner die durch SEILER in Ulm verfertigte Maschine<sup>3</sup>, die bekannte, durch BORLACH geprüfte Merseburger<sup>4</sup>, das Rad von CHARLES CASTELLI<sup>5</sup>, das anscheinend durch Kugeln getriebene von CONRAD SCHIVIERS und ISAAC BLYDENSTEYN<sup>6</sup>, das Modell, welches ZOLL und KORR<sup>7</sup> vorzeigten, THIVILLE's<sup>8</sup> durch die Oscillationen und die Capillarität des Wassers anscheinend bewegter Apparat und an-

1 Neue Zeitung von gelehrten Sachen 1722. S. 344. MONTUCLA Hist. de Math. T. III. p. 817.

2 Recueil d'ouvrages curieux de mathématique et de mécanique, ou description du cabinet de Mr. GROLIER DE SERVIERE. Lyon 1719. 4.

3 HALLE Magie Th. I. S. 295.

4 Journal für Fabrik u. s. w. 1801. Febr. S. 98.

5 Esprit des Journaux. 1791. T. I. p. 386.

6 Repertory of Arts. T. VII. p. 165.

7 Allgem. Lit. Zeit. Halle 1804. Int. Bl. Nr. 5.

8 Repertory of Arts. T. XIV. p. 73.



dere. Einige Constructionen solcher Maschinen sind gewiss oder vermuthlich nur im Plane entworfen und nie zur wirklichen Ausführung gekommen, z. B. von NEUMANN<sup>1</sup>, HANTZSCHE<sup>2</sup>, von dem bekannten BORLACH<sup>3</sup>, PETERS<sup>4</sup> und STRENG<sup>5</sup>. Auch der Vorschlag des berühmten CONGREVE<sup>6</sup>, durch ungleich mit Wasser getränkte Schwämme eine fortdauernde Bewegung hervorzubringen, ist höchst wahrscheinlich nie in Ausführung gebracht worden. Kaum hat aber irgend eine der ältern Maschinen mehr Aufsehn erregt, als in der neuesten Zeit das durch den Uhrmacher GEISER aus Chaux de Fond verfertigte Rad, welches durch das Umlegen gegenseitig balancirter Cylinder sich selbst zu drehen und zugleich eine Uhr in steter Bewegung zu erhalten schien. Das Ganze war so sinnreich und schön gearbeitet und die treibenden Federn nebst dem dazu gehörigen unglaublich feinen Räderwerke, welches erst nach Wegnahme des Secundenzeigers aufgezogen werden konnte, waren in den außerordentlich dünnen Stangen so kunstreich verborgen, daß selbst geübte Mechaniker getäuscht und in ihrer Ueberzeugung von der Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile mechanicum* wankend wurden, um so mehr, als die Maschine nach einmaligem Aufziehen sehr lange im Gange blieb. Aber auch bei dieser wurde der Betrug entdeckt, als das Stocken des Ganges nach dem Tode des Künstlers Veranlassung gab, den Apparat aus einander zu nehmen, und bei dieser Gelegenheit der abgehobene Secundenzeiger das Loch zum Einstecken des Uhrschlüssels verrieth<sup>7</sup>. Schwerlich werden nach diesem misslungenen Versuche künftig noch ähnliche Maschinen eine abermalige Täuschung veranlassen können und die auf ihre Construction zu verwendende große Mühe belohnen<sup>8</sup>. M.

1 Plan zur Erfindung derjenigen Maschine, welche in der Mechanik das Perpetuum mobile genannt wird. Lübeck 1767.

2 Nachricht von einer Maschine, die in einem Perpetuo mobili besteht. Dresden 1790.

3 Journal für Fabrik u. s. w. 1801. Febr. S. 98.

4 Fränkischer Mercur 1812. Nr. 270.

5 BUSCH Almanach der Erfindungen. Th. 1. S. 153.

6 London Journ. of Arts. 1827. Mai. Daraus in DISGLER's Journ. Th. XXV. S. 180.

7 Wunder der Mechanik, von J. W. M. POPPE. Tübingen 1832. Th. II. S. 29 ff., wo die Maschine ausführlich beschrieben ist.

8 Von den zahlreichen Schriften über den untersuchten Gegen-

## P e r s p e c t i v e .

Scenographie, perspectivische Zeichenkunst; *Perspectiva*; Perspective; *Perspective*; ist die Wissenschaft, welche lehrt, alle Gegenstände in einer Zeichnung auf gegebenen Flächen darzustellen. Wir bleiben meistens bei Zeichnungen auf der Ebene stehn, indess kommen in manchen Fällen auch Darstellungen auf krummen Flächen vor, wovon das *Panorama*<sup>1</sup> ein Beispiel giebt. Man unterscheidet die *Linearperspective* und die *Luftperspective*; die erstere giebt bloß die richtige Lage der in der Zeichnung darzustellenden Punkte an, die letztere lehrt, wie die Gegenstände nach der Beleuchtung und Entfernung so dargestellt werden müssen,

stand erwähne ich, außer dem eben genannten Werke von PORR, hauptsächlich MONTUCLA Hist. des Math. T. III. p. 813. Vorschläge zu Maschinen, die sich selbst in Bewegung setzen und erhalten sollen, findet man in Journ. des Savans 1678. p. 165. 1686. p. 9, 29, 95, 104; 1700. p. 245. 1726. p. 590. 1745. p. 29. PAPINUS (in Phil. Trans. XV. 1240. XVI. 138. 267. Acta Erud. 1688. p. 335. 1689. p. 322.) scheint die Möglichkeit eines *perpetuum mobile* nicht zu bezweifeln, eben so DESAGULIERS in Phil. Trans. XXXI. 234., aber STURM in Mathes. Part. II. p. 356., SIMON STEVIN in Elementa Static. L. I. prop. 19., PARENT in Mém. de l'Acad. Par. 1700. p. 159. und insbesondere LA HIRE in Mém. de l'Acad. X. 426. erklärten sich bestimmt dagegen, wie schon früher durch PISARESC (Camdeni epistolae. London 1691. p. 383 u. 387) und KEPLER (epist. 1718. p. 393.) in Beziehung auf des CORN. DREBBEL angebliche Erfindung geschehn war. CHA. WOLFF im Mathem. Lexicon Leipz. 1716. S. 1041. leugnet die Möglichkeit eines *perpetuum mobile* nicht, vermuthlich weil er den Betrug bei dem des ORFFYAEY nicht aufzufinden vermochte, wohl aber zeigte D. G. DIER in seiner Dissertation: *Perpetui mobilis mechanici impossibilitas methodo mathematica demonstrata*, sowohl die Unzulässigkeit von diesem als auch die Unausführbarkeit der Vorschläge von DE LANIS, CORN. DREBBEL, BECHER und JEREM. MIZZ aus Basel. Die Akademie zu Paris beschloß 1775, gar keinen Vorschlag zur Construction einer solchen Maschine mehr anzunehmen. Mém. de l'Acad. 1775. p. 65. Neuerdings haben sich unter andern namentlich CARNOT (Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement. Par. 1803. 8. §. 231. deutsche Ueb. 8. 297.), von ZACH (Reichsanzeiger 1796. vom 6. Juni u. 17. Nov.) und THOMAS YOUNG (Lectures on nat. Phil. T. I. p. 91.) bestimmt über die Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile mechanicum* ausgesprochen.

1 S. Art. *Panorama*.

dafs die Zeichnung der Natur gemäß erscheine. Ein entfernter Berg oder Wald zeigt sich bekanntlich mit anderer Färbung, als nähere Gegenstände, und diese Ungleichheit nachzubilden ist das, was die Luftperspective lehren mufs. Hier werde ich nur von der Linearperspective reden.

Alle Regeln der Perspective beruhen auf dem Satze, dafs das Licht nach geraden Linien fortgeht. Man denkt sich daher von jedem Puncte des jenseit der Zeichnungstafel, d. i. jenseit der Ebene, auf welcher der Gegenstand dargestellt werden soll, liegenden Gegenstandes gerade Linien nach dem Auge gezogen und bestimmt die Puncte, wo diese in die Zeichnungstafel eintreffen; diese Einschnittpuncte geben auf der Tafel den Ort an, wo das Bild jedes einzelnen Punctes des Gegenstandes zu zeichnen ist, und aus ihrer richtigen Verbindung geht der richtige Umrifs des Bildes hervor, dem man dann aber noch durch Schattirung und Farbengebung die vollkommene Aehnlichkeit mit dem Gegenstande selbst zu geben sucht.

Das so hervorgehende Bild heifst die *perspectivische Projection* des Gegenstandes, dagegen erhält man die *orthographische Projection*, wenn man von allen Puncten des Gegenstandes parallele Linien gegen die Zeichnungstafel oder Projectionsebene zieht und durch sie das Bild desselben bestimmt.

## Perspectivische Projection.

Die Lage des Auges, welches wir hier als einen Punct ansehen, mufs gegeben seyn. Man wählt die Entfernung des Auges von der Tafel kleiner, wenn Gegenstände, in denen kleine Theile unterschieden werden sollen und die auch im Ganzen nicht allzu ausgedehnt sind, dargestellt werden; für Gegenstände, die eine gröfsere Tafel füllen, mufs das Auge entfernter stehn, damit nicht die Gesichtslinien vom Auge nach den einzelnen Theilen des Gegenstandes gegen den Rand des Gemäldes hin eine zu schiefe Richtung erhalten. Ist der Ort des Auges ziemlich entfernt angenommen, so bemerkt man beim Betrachten des Bildes noch keine Verzerrung, wenn man das Auge nicht streng in den Punct bringt, wo das Auge des Zeichners seine Stellung hatte; bei geringen Entfernungen des Punctes, wo der Zeichner die Stellung des Auges annahm, mufs man sich bemühen, auch beim Betrachten der Zeichnung das Auge

in den richtigen Punct zu bringen, indem sonst die Verhältnisse der einzelnen Theile sich unrichtig darstellen<sup>1</sup>.

Um die Regeln der perspectivischen Zeichnung deutlich zu machen, begnüge ich mich hier, die Zeichnungstafel als vertical anzunehmen. Bei diesen Regeln ist der *Augenpunct* von Wichtigkeit, nämlich der Punct A, in welchem eine vom Auge O auf die Zeichnungstafel DE gesetzte Senkrechte OA diese Tafel trifft. Es ist leicht zu übersehn, daß eine jede Horizontallinie, die in eben der Horizontal-Ebene, wie das Auge selbst, liegt, sich auf der Tafel als ein Theil der durch A gezogenen Horizontallinie, die auch *der Horizont des Auges* heißt, darstellen wird; denn alles, was in der durch O gelegten Horizontal-Ebene ist, erscheint dem Auge O in dieser Horizontal-Linie AB. An welcher Stelle die Endpunkte einer solchen, mit O gleich hoch liegenden Horizontallinie zu zeichnen sind, ergibt sich aus dem Winkel, der zwischen OA und der von O nach einem der Endpunkte gezogenen Linie liegt; ist dieser  $\angle AOB = \alpha$ , so ist  $AB = OA \cdot \text{Tang. } \alpha$ .

Zu allgemeineren Betrachtungen giebt die Darstellung einer Figur LMN, die in einer andern Horizontal-Ebene liegt, Veranlassung. Hier heißt die horizontale Ebene EF, in welcher alle Theile der Figur sich befinden, die *Grund-Ebene* und die Durchschnittslinie derselben mit der Tafel DE heißt die *Grundlinie* EG. Was nun zuerst Linien betrifft, die mit der Grundlinie EG parallel sind, so erhellt leicht, daß auch ihr Bild auf der Tafel ED mit EG parallel seyn muß, indem LN mit der Ebene DE parallel ist und daher auch die Durchschnittslinie der Ebene OLN mit DE eine zu LN, also zu GE parallele Linie ln seyn wird. Um die Höhe zu bestimmen, wo dieses Bild zu zeichnen ist, muß man die Höhe des Augenpunctes  $AH = a$ , den Abstand des Auges von der Tafel  $OA = b$  und den senkrechten Abstand der Linien LN,  $GE = k$  kennen; dann ist die Höhe des Bildes ln über GE durch  $x = \frac{ak}{b+k}$  gegeben, da  $b:a - x:k :: x$  seyn muß. Sehr weit hinaus liegende, zu GE parallele Linien, für welche k sehr groß ist, haben also ihr Bild sehr nahe unter A, weil beinahe  $x = a$  wird,

1 SIMON über das Sehen der Gegenstände in stereogr. Projectionen. G. XXXII. 57.

wenn  $k$  sehr groß ist. Ist eine in der horizontalen Ebene  $EF$  gezeichnete Linie  $LM$  senkrecht gegen  $GE$ , so geht ihr Bild auf der Tafel  $DE$  verlängert durch den Augencpunkt  $A$ . Es ist nämlich offenbar, daß  $OA$ , als parallel mit  $LM$ , ganz in der durch  $O$  und  $LM$  gelegten Ebene sich befinden muß; die Durchschnittslinie dieser Ebene mit der Tafel  $DE$  geht also nothwendig durch  $A$ , und da das Bild der  $LM$  sich in dieser Durchschnittslinie befindet, so geht die Verlängerung dieses Bildes, nämlich die Verlängerung der geraden Linie  $lm$ , durch  $A$ . Um die Richtung der auf  $GE$  senkrechten Linie im Bilde zu zeichnen, verlängert man sie, bis sie in  $\mu$  die  $GE$  trifft, und zieht  $A\mu$ , welche die ganze von  $\mu$  bis ins Unendliche verlängerte Linie  $\mu L$  darstellen würde; um aber den richtigen Ort aufzuzeichnen, wo das Bild in eines Punctes  $M$  aufzutragen ist, würde man  $OA : Am = M\mu : m\mu$  nehmen müssen, also  $m\mu = \frac{a'k'}{b+k'}$ , wenn ich die schiefe Linie  $A\mu = a'$  und  $\mu M = k'$  setze; heist  $H\mu = c$ , so ist  $a' = \sqrt{a^2 + c^2}$ .

Soll die Linie  $MN$ , welche horizontal ist, aber einen andern Winkel mit  $GE$  macht, auf die Tafel aufgezeichnet werden, so ist zuerst der Punct zu suchen, in welchem die Bilder aller mit  $MN$  parallelen Linien zusammentreffen. Es sey durch  $MN$  und das Auge  $O$  eine Ebene gelegt und diese durch eine horizontale, durch  $O$  gehende Ebene geschnitten, so ist die Durchschnittslinie beider gewiß mit  $MN$  parallel; diese durch  $O$  mit  $MN$  parallel gezogene Linie trifft die Tafel  $DE$  in dem Puncte, wo ein unendlich entfernter Punct der  $MN$  aufzutragen wäre, und dieser ist allen mit  $MN$  parallelen Linien gemein, er ist also zugleich der *Gränzpunct*, über welchen hinaus das Bild der  $MN$ , selbst wenn man die Linie noch so weit über  $N$  hinaus verlängert, sich nicht erstreckt, und dieser Grenzpunkt, der auch der *Vertiefungspunct* oder der *Vereinigungspunct* genannt wird, gehört allen mit  $MN$  parallelen Linien, da für alle eben die Schlüsse gelten. Um diesen Grenzpunkt auf dem Horizonte  $AB$  aufzutragen, muß man seine Entfernung von  $A$  durch  $A O \cdot \cotang. N \vee E$  bestimmen, wenn  $N \vee E$  der wahre horizontale Winkel ist, den im Urbilde die Linie  $MN$  mit der Grundlinie macht. Die als Bild der  $MN$  aufzutragende Linie wird nun ihrer Richtung nach völlig bestimmt, wenn man  $MN$  bis zu ihrem Durchschnitte  $v$  mit der Grundlinie verlängert und

durch  $\nu$  nach jenem Grenzpunkte eine gerade Linie zieht. Die Lage des Bildes der einzelnen Punkte M, N läßt sich dann nach ähnlichen Regeln wie vorhin bestimmen.

Aber theils um das Auftragen horizontaler Linien zu erleichtern, theils um über die wahre Lage der im Bilde schon dargestellten Linien in einer vorliegenden perspectivischen Zeichnung zu urtheilen, bedient man sich mit Vortheil des *perspectivischen Winkelmessers*, der nach folgenden Regeln gezeichnet wird. Auf der Zeichnungstafel bezeichnet man den Augenpunkt Fig. A und zieht durch ihn AB als Horizont des Auges. Durch A<sup>45</sup> zieht man auf der Tafel AO gegen AB senkrecht und macht AO gleich dem Abstände des Auges von der Tafel. In diesen als Hülfspunct aufgetragenen Punct legt man den Mittelpunkt eines gewöhnlichen Transporteurs oder Winkelmessers und zieht durch seine Grad-Abtheilungen die Linien O 80°, O 70° und so weiter, wie die Figur zeigt. Die so auf dem Horizonte des Auges aufgetragene Gradtheilung dient als perspectivischer Winkelmesser. Die Punkte, wo diese Linien den Horizont AB treffen, sind die Grenzpunkte für die unter eben dem Winkel gegen die verticale Zeichnungstafel geneigten Horizontallinien; alle gegen dieselbe senkrechten Horizontallinien geben Bilder, die in A, wo 90° stehen muß, zusammentreffen, alle, die unter 80° gegen die Grundlinie nach der rechten Seite geneigt sind, treffen im Bilde in dem mit 80° bezeichneten rechts liegenden Punkte zusammen u. s. w. Sind also nun in der horizontalen Ebene GFA'B' Figuren oder einzelne Linien PQ, QR gezeichnet, deren Bild man in der Zeichnung Fig. 45 eintragen will, so zieht man die Linie A'B', wo die Zeichnungstafel jene Horizontal-Ebene schneidet, und bezeichnet den Punct A', über welchem senkrecht der Augenpunkt liegt. Verlängert man nun die geraden Linien PQ, QR bis zu den Einschnittpunkten p', r' in diese Linie A'B', trägt in die Zeichnung die Linie ab in der Höhe ein, wo die Horizontal-Ebene aus Fig. 46 liegt, nimmt  $ap = A'p'$ ,  $ar = A'r'$  und zieht von p, r die geraden Linien nach den gehörigen auf AB bemerkten Graden, den in Fig. 46 abgemessenen Winkeln gemäß, so hat man, ihrer Richtung nach, die geraden Linien im Bilde richtig gezeichnet und PQR auf der Zeichnungstafel ist das richtige Bild des in der horizontalen Ebene gezeichneten Winkels PQR. In der Horizontal-Ebene sind die drei Winkel PQR,

STU; VWX mit parallelen Sehnen gezeichnet, so daß QR, TU, WX  $70^\circ$  gegen A'B', und PQ, ST, VW  $50^\circ$  geneigt sind, ihre Abbildungen weichen erheblich von dieser Gleichheit ab und noch mehr würde die Abbildung ungleich ausfallen, wenn eben so große, in einer andern Horizontal-Ebene liegende Winkel in die Zeichnung eingetragen werden sollten. Daß man auch in der schon fertigen Zeichnung die Größe der horizontalen Winkel ebenfalls mittelst dieses Winkelmessers oder der auf AB richtig aufgetragenen Grade abmessen kann, läßt sich leicht übersehn; denn wenn im Bilde QP auf  $50^\circ$  an der einen Seite, QR auf  $70^\circ$  an der andern Seite einschneidet, also jene  $40^\circ$  von der Senkrechten, diese  $20^\circ$  von der Senkrechten, so stellt PQR im Bilde einen Winkel vor, der im Urbilde  $= 60^\circ$  ist. Durch dieses Hülfsmittel werden die Richtungen aller Linien zum Eintragen in die Zeichnung bestimmt, aber man bedarf nun auch eines *Längenmaßes* für die in einer bestimmten Horizontal-Ebene liegenden Linien. Fig. 47 und 48 gehören wieder eben so zusammen, wie vorhin Fig. 45 und 46, in Fig. 48 sind die auf das Bild Fig. 47 einzutragenden Linien und Figuren in ihrer wirklichen Lage und Größe angegeben, immer aber wird vorausgesetzt, daß diese Figuren in einer horizontalen Ebene liegen. Auch zum Behufe des Längenmaßes muß der Einschnitt der Zeichnungstafel A'B' in die Horizontal-Ebene und der Einschnitt der Horizontal-Ebene a b in die Zeichnungstafel eingetragen werden.

Um die Regeln der Abmessung zu finden, sey in dem Urbilde eine Linie LM unter bekannter Neigung gegen A'B' gezogen und bis an diese Linie verlängert. Trägt man nun MN  $=$  ML auf A'B' auf und zieht LN, so ist offenbar, daß auch alle mit LN parallele Linien L'N' gleiche Stücke auf A'B' und auf LM abschneiden, daß man also im Bilde der LM gleiche Stücke abschneidet, wenn man die Parallellinien LN, L'N' richtig in das Bild einträgt. Dieses geschieht, wenn man auf AB den gehörigen Grenzpunkt für diese Parallellinien nimmt, und dieser entspricht dem Winkel  $90^\circ - \frac{1}{2} \alpha$ , wenn  $\alpha$  der Winkel ist, den LM mit der Linie A'B' machte. Die Figur zeigt einige Beispiele. LM macht mit A'B' den Winkel  $= 60^\circ$  und hier sind also auch LN, L'N' unter eben dem Winkel nach der andern Seite geneigt. Trägt man in die Zeichnung am  $=$  A'M und zieht ml gegen den 60sten Grad des perspectivischen Winkelmessers, so ist ll'm ein Bild

der LL'M in Rücksicht auf die Richtung; nimmt man sodann  $mn = MN$ ,  $ma' = MN'$  und zieht die Linien  $nl$ ,  $n'l'$  gegen den Punct  $60^\circ$  auf der andern Seite zu, so stellt  $ll'$  einen Theil der LM vor, der  $= nn'$  ist, und wenn  $ML' = L'L$ , so ist  $l'$  im Bilde die richtige Halbierung der  $lm$ , obgleich hier nicht  $ll'$  gleich  $l'm$  ist. Eben so ist  $\mu\lambda$  im Urbilde unter  $80^\circ$  Neigung gezeichnet,  $\mu\nu = \mu\lambda$  genommen und  $\alpha\mu = A\mu$ ,  $\alpha\nu = A\nu$  in das Bild übergetragen; wurde nun  $\mu\lambda$  im Bilde gegen den 80sten Grad gezogen,  $\nu\lambda$  aber gegen den  $(90 - \frac{1}{4} \cdot 80)$ , also 50sten Grad, so stellt  $\mu\lambda$  im Bilde eine Länge vor, die der auf Urbild und Zeichnung gleich erscheinenden Länge  $\mu\nu$  gleich ist. Und hie-mit sind also alle Bestimmungen angegeben, die man für Horizontellinien, um sie richtig in das Bild einzutragen, fordern kann, so wie auch umgekehrt, wenn man  $\lambda\mu$  im Bilde gezeichnet findet, sogleich erhellt, daß ihr Urbild unter  $80^\circ$  gegen  $A'B'$  geneigt seyn mußte; und weil sich daraus ergibt, daß das Lineal an  $\lambda$  und an den 50sten Grad der andern Seite gelegt werden muß, um auf  $ab$  die wahre Länge der  $\mu\lambda$  abzuschneiden, so ergibt sich an dem auf  $ab$  gezeichneten Maßstabe, wie groß  $\mu\lambda$  oder wie groß  $\mu\nu$  ist; auch für Theile von  $\mu\lambda$  würde eben die Bestimmung anzuwenden seyn.

Fig. 47. Verticale Linien erscheinen auch auf der verticalen Zeichnungstafel vertical, weil die durch O und eine verticale Linie gelegte Ebene gewiß vertical ist, also auch die Vertical-Ebene der Zeichnungstafel in einer Verticallinie schneidet. Um Verticallinien in das Bild einzutragen, muß man zuerst ihren Fußspunct, ihren Einschnittspunct in die bestimmte Horizontal-Ebene, deren Höhe noch immer durch  $a b$  angegeben seyn mag, eintragen. Es sey K dieser Fußspunct und von ihm unter willkürlichem Winkel (ich nehme als Beispiel  $70^\circ$ ) KI bis an  $A'B'$  gezogen; dann nimmt man in Figur 47  $ai = AI$ , zieht ik auf den 70sten Grad des Winkelmessers zu und schneidet mit einer auf den 55sten Grad (nämlich  $90^\circ - \frac{1}{4} \cdot 70^\circ$ ) gehenden Linie  $pk$ , indem man  $ip = IP = IK$  genommen hat,  $k ab$ . Ueberlegt man nun, daß eine in I an der Zeichnungstafel selbst stehende Verticallinie im Bilde ihrem Urbilde gleich ist und daß eine unendlich entfernte über einem Puncte der I K stehende Verticallinie gar keine GröÙe mehr zeigen würde, so erhellt, daß die wahre Höhe ih der Verticallinie in i errichtet werden muß, daß man von  $h$  nach jenem bestimmten Grade (dem 70sten



in unserm Beispiele), so wie von  $i$  Linien ziehen muß und daß nun  $kk'$  das wahre Bild der in  $K$  errichteten Verticallinie, deren Höhe  $= ih$  ist, seyn wird. Die Linien  $vv'$ ,  $uu'$  stehen also gleich hohe Linien vor.

Die Regeln, wie geneigte über der Grund-Ebene sich erhebende Linien gezeichnet werden müssen, lassen sich hierauf gründen, da man die horizontale Projection und die Höhe jedes Punctes hiernach eintragen kann. Diese Regeln, so wie die Regeln zum Eintragen des Bildes geneigter Ebenen und andere ins Einzelne gehende hier vorzutragen würde zu weit führen.

Auch die Anwendung des Proportionalcirkels zu leichterem Abmessen der Linien einer perspectivischen Zeichnung und die Angabe der Maßstäbe, die man auf seine Schenkel aufträgt, muß ich hier übergehn<sup>1</sup>.

## Orthographische Projection

oder *Vogelperspective* heist diejenige, wo das Auge unendlich weit hinaus rückt und daher die vom Auge nach den einzelnen Puncten der Gegenstände gezogenen Linien alle unter sich parallel sind, oder umgekehrt, wo jeder Punct des Urbildes durch Parallellinien auf die Tafel des Bildes projectirt wird.

Es erhellt leicht, daß alle im Urbilde parallele Linien hier auch in der Abbildung parallel werden, indem der Grund, warum sie bei der perspectivischen Projection gegen einen Punct zusammen liefen, in der Nähe des Auges lag. Eben so erhellt, daß gleiche Theile einer und derselben geraden Linie im Urbilde auch durch gleiche Theile im Abbilde dargestellt werden, denn die entsprechenden Puncte des Urbildes und Abbildes werden durch parallele Linien bestimmt.

Um auch hier die zu betrachtenden Fälle richtig zu übersehn, wollen wir zuerst wieder die in einer horizontalen Grund-Ebene gezeichneten geraden Linien auf die Tafel aufzutragen suchen. Wir nehmen hier nicht das Auge als gerade vor der <sup>Fig. 49.</sup> Tafel stehend an, sondern geben der Gesichtslinie eine horizon-50. tale *Abweichung*  $= \alpha$  und eine *Neigung*  $= \beta$ ; unter jener versteht man den Winkel, den eine durch das Auge gelegte Vertical-Ebene mit der auf der Zeichnungs-Ebene senkrechten

<sup>1</sup> LAMBERT's kurz gefasste Regeln zu persp. Zeichnung vermittelt des Proportionalcirkels. Augsb. 1768. EYTELWEIN's Handb. der Perspective. Berlin 1810. S. 83.

Vertical-Ebene macht, *die Neigung* dagegen ist die Neigung der unter sich parallelen Gesichtslinien gegen den Horizont. Ist in der Grund-Ebene eine Linie  $AL$  gezeichnet, welche eben die horizontale Abweichung hat, wie das Auge, so erscheint diese im Bilde wie  $al$  vertical, wenn ich die Zeichnungstafel vertical annehme; denn die durch  $A$  und das Auge gelegte Vertical-Ebene geht auch durch  $L$ . Um die Länge zu finden, durch welche  $AL$  im Bilde dargestellt wird, oder um das Bild  $l$  des Punctes  $L$  zu erhalten, muß man  $al = AL$ . Tang.  $\beta$  nehmen, indem hier  $al$ ,  $AL$ ,  $\beta$  dieselben Größen sind, wie in Fig. 43.  $\mu l$ ,  $\mu L$ ,  $\mu L$ .

Legt man nun auf  $L$  den Mittelpunkt des gewöhnlichen Winkelmessers und zieht durch die Gradpuncte die durch die Zahlen bezeichneten Linien (wobei hier die Abweichung des Auges  $= 20^\circ$  genommen und daher  $AL$  auf den 70sten Grad gerichtet ist), so hat man nur nöthig, eben die Abtheilungen von  $a$  aus auf die Grundlinie des Bildes aufzutragen und von  $l$  die Linien zu ziehen, so wie die Figur zeigt; auf diese Weise erhält man im Bilde einen richtigen Winkelmesser. Es stellen nämlich  $l\ 90^\circ$ ,  $l\ 80^\circ$ ,  $l\ 60^\circ$  und so ferner das Bild der Linien  $L\ 90^\circ$ ,  $L\ 80^\circ$ ,  $L\ 60^\circ$  des Urbildes richtig dar, weil immer beide Endpuncte richtig in das Bild übergetragen sind; aber nach der Natur der orthographischen Projection werden nun alle Linien des Urbildes, die mit einer der gegebenen Linien parallel sind, auch im Bilde mit dem zugehörigen Abbilde parallel seyn, und folglich haben wir in dem Bilde einen richtigen perspectivischen Winkelmesser. Um einen Längenmaßstab zu erhalten, brauchen wir nur zu überlegen, daß im Urbilde  $ML = MN$  ist, wenn  $LMN = 90^\circ - \frac{1}{2} LMN$ , also wird man auch im Bilde das wahre Maß der  $ml$  finden, wenn man  $ln$  nach dem Puncte zieht, wo der Grad, welcher  $= 90^\circ - \frac{1}{2} LMN$  ist, steht. Ist  $pq$  eine andere im Bilde richtig gezeichnete Linie, so findet man ihre wahre Richtung im Urbilde, wenn man die Linie des perspectivischen Winkelmessers sucht, die mit ihr parallel ist, diese giebt die Neigung gegen die Grundlinie an. (In der Figur ist  $pq$  mit  $l\ 50^\circ$  parallel, also macht  $PQ$  im Urbilde den Winkel  $= 50^\circ$  mit  $AB$ ). Um die wahre Länge der  $pq$  abzumessen, zieht man  $pt$ ,  $qs$  mit der Linie des Winkelmessers parallel, die 90 Graden weniger der eben gefundenen halben Gradezahl entspricht (hier, wo  $90^\circ - 25^\circ = 65^\circ$  ist, der Linie  $l\ 65^\circ$  parallel), dann

ist  $st$  die wahre Länge der perspectivisch dargestellten  $pq$  und ein auf  $ab$  aufgetragener Maßstab lehrt also die Länge jeder geraden Linie kennen, deren Urbild in der durch  $ab$  gehenden Horizontal-Ebene liegt.

Verticallinien erscheinen auch im Bilde als vertical und zugleich in ihrer wahren Größe. Linien, die geneigt gegen die Grund-Ebene sind, lassen sich hiernach mittelst ihrer horizontalen Projection und ihrer verticalen Höhe bestimmen.

Diese orthographischen Projectionen geben uns den *Grundriss* eines Gegenstandes, wenn die Zeichnungstafel horizontal ist und die Gesichtslinien vertical; sie geben den *Standriss*, wenn die Tafel vertical ist und das Auge keine Abweichung und Höhe hat, sondern die Gesichtslinien senkrecht auf die Tafel sind. Ein solcher Standriss ist vortheilhaft, wenn man nur *eine* Seite des Gegenstandes, eines Gebäudes zum Beispiel, darstellen will. In andern Fällen, zum Beispiel um ein Instrument darzustellen, nimmt man lieber eine schiefe Richtung der Gesichtslinie und zwar so an, daß die wichtigsten Theile, ohne einander zu verdecken, sichtbar werden. In Hinsicht auf das Maß der Linien und Winkel muß man dann freilich die eben gegebenen Regeln berücksichtigen und der Zeichner muß durch *Schattirung* zu bewirken suchen, daß man die in einerlei Ebenen liegenden Linien oder Theile des Instruments als solche erkenne<sup>1</sup>.

### Isometrische oder isoperimetrische Perspective.

Unter diesem Namen (von ἴσος, gleich und περίμετρος, Umfang) hat FARISH eine vorzüglich für Maschinen zweckmäßige Darstellungs-Art angegeben. Sie stimmt mit der orthographischen Projection insofern überein, als das Auge in unendliche Entfernung hinansgerückt angenommen wird, nimmt aber für die Stellung des Auges diejenige bestimmte Richtung an, welche mit den drei Haupt-Axen des abzubildenden Gegenstandes gleiche Winkel macht. Sehr oft nämlich, und namentlich bei Maschinen, liegen die wichtigsten Theile in drei gegen einander senkrechten Ebenen, deren eine ich horizontal, die andern zwei vertical nennen will; — auf diese Fälle ist hier besonders gerechnet. Man kann den Zeichnungen nach dieser Methode

<sup>1</sup> Ueber die Projectionen der Kugel-Oberfläche s. Art. *Landkarten* Bd. VI. S. 108.

Fig. 51. die Darstellung eines Würfels zum Grunde legen, in dessen einer Diagonale sich das Auge befindet. Man sieht alsdann alle drei gegen das Auge gekehrte Seiten des Würfels ganz gleich und alle Seitenlinien stellen sich in der Zeichnung gleich dar. Wenn auf den drei Seitenflächen des Würfels Kreise gezeichnet sind, deren Mittelpunkte in der Mitte jeder Seite liegen, so stellen auch diese sich, wenn sie gleiche Halbmesser haben, in gleichen elliptischen Projectionen dar, und offenbar werden alle Räder einer Maschine, die einer der drei Ebenen parallel sind, durch ähnliche Ellipsen dargestellt, die durch die Lage ihrer Axen leicht kenntlich werden, indem sie sich als Kreise zeigen, welche der ersten, zweiten oder dritten Ebene angehören. Die drei Haupt-Ebenen nennt FARISH die isometrischen Ebenen. Die Kreise in ihnen stellen sich als Ellipsen dar, deren kleine Axe sich zur großen verhält, wie die Diagonale CD zur Diagonale EG, weil ja der Kreisdurchmesser einen gleichen Theil beider Diagonalen der wahren Würfelseiten ausmacht, und auch die Richtung beider Axen liegt in den eben genannten beiden Diagonalen. Da die Seitenflächen des Würfels als Rhomben dargestellt werden, deren Winkel  $C = 120^\circ$ , der andre  $= 60^\circ$  ist, so hat man

$$GE^2 = DE^2 + DG^2 + 2 DG^2 \cdot \cos. 60^\circ = 3 DG^2,$$

$$DC^2 = DE^2 + DG^2 - 2 DG^2 \cdot \cos. 60^\circ = 1 \cdot DG^2;$$

der Durchmesser des Kreises verhält sich zur Diagonale des um ihn beschriebenen Quadrats, wie  $1 : \sqrt{2}$ , und man hat daher die kleine Axe der den Kreis vorstellenden Ellipse

$$= \frac{DG}{\sqrt{2}}, \text{ die große Axe} = \frac{DG \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}},$$

oder, wenn die kleine Axe  $= 1$  gesetzt wird, die große Axe  $= \sqrt{3}$  und den isometrischen Durchmesser (wie FARISH den mit einer isometrischen Axe parallelen Durchmesser nennt)  $= \sqrt{2}$ .

Es ist wohl nicht zu leugnen, daß in Beziehung auf diese mit den isometrischen Ebenen parallelen Figuren diese Zeichnungs-Art sehr bequem zur Vergleichung der wahren Maße der Theile ist; denn alle mit den isometrischen Axen parallel gezogene Linien werden nach ihrem wahren Maße dargestellt, und man kann daher auch die in den isometrischen Ebenen nicht mit einer dieser Linien parallel liegenden Linien leicht nach ihrer richtigen Größe beurtheilen. Nur für Figuren oder

Maschinentheile, die nicht in einer jener Ebenen liegen, treten Schwierigkeiten ein, die ich hier nicht weiter anführen kann; es ist indess einleuchtend, daß da, wo man solche Maschinentheile durch Linien, die den isometrischen Axen parallel sind, mit schon gezeichneten Theilen in Verbindung setzen kann, die Darstellung bedeutend erleichtert wird.

FARISH rühmt wohl mit Recht, daß diese Zeichnungs-Art sich sehr zweckmässig bewiesen habe, um darnach, selbst von weniger geübten Gehülfen, Modelle aus ihren einzelnen Theilen wieder zusammensetzen zu lassen, wenn sie, bequemerer Aufbewahrung wegen oder nachdem einzelne Stücke zu andern Zwecken gedient hatten, zerlegt worden waren.

Eine ausgeführte Anleitung zu dieser Art von Zeichnungsprojection, angewandt auf Maschinen, Gebäude, Brücken u. s. w., wäre wohl zu wünschen<sup>1</sup>.

### Schattenzeichnung oder Skiagraphie.

Der bisherige kurze Abriss von Regeln der Perspective betraf die Darstellung der Gegenstände selbst; aber man ist oft genöthigt, nicht bloß die Schattirungen einzelner Theile der Gegenstände, sondern auch die eigentlichen Schatten selbst in die Zeichnung zu bringen. Die Schatten stellen sich dar auf den Flächen, denen durch zwischenliegende dunkle Körper die Erleuchtung entzogen wird, und diese Schatten sind es, die man *Schlagschatten* nennt. Ist es nur ein einziger leuchtender Punct, von welchem das Licht ausgeht, oder ist wenigstens der leuchtende Körper sehr klein, so wird der ganze Schatten gleich dunkel, als *Kernschatten*, erscheinen; sind aber mehrere Lichter da, oder ist der leuchtende Körper groß, so findet sich der Kernschatten eines Körpers nur da, wohin gar kein Licht, von keinem der leuchtenden Puncte, gelangt, da hingegen, wo zwar die Lichtstrahlen einiger leuchtenden Puncte hingelangen, die Lichtstrahlen anderer leuchtender Puncte aber aufgefangen werden, ist ein *Halbschatten*.

Alle Regeln der Schattenzeichnung beruhen darauf, daß man die geraden Linien von dem leuchtenden Puncte oder von

<sup>1</sup> Transact. of the Cambridge Philos. Society. Vol. I. p. 10. und in O. GREGORY Mathematik, für Practiker, übersetzt v. Drobisch. (Leipz. 1828.) S. 178.

den leuchtenden Puncten, deren Lage gegeben seyn muß, zu allen Puncten im Umfange des schattenwerfenden Körpers ziehe und sie bis zu den Flächen verlängere, auf denen der Schlag-schatten sich zeigt. Ist es ein näher stehendes Licht von geringer GröÙe, so kommt die merkliche Divergenz der Lichtstrahlen in Betrachtung, wogegen für die Sonnenstrahlen die Richtung aller Strahlen parallel ist. Für gröÙere Lichter oder für das durch ein Fenster einfallende Licht des hellen Himmels finden wieder andere Regeln statt. Ich will nur von dem Falle, wo ein einzelnes Licht in naher Stellung in Betrachtung kommt, einige nähere Bestimmungen angeben.

Beindet sich das Licht hinter der Tafel, so läßt sich der Punct der Grund-Ebene, über welchem es steht, in dem Bilde angeben und auch die verticale Höhe des Lichtes richtig eintragen. Wird nun auch der den Schatten werfende dunkle Punct auf gleiche Art eingetragen, so liegt der Punct, wohin auf der horizontalen Grund-Ebene der Schatten fällt, in der geraden Linie, welche durch die zwei Puncte gezogen ist, die senkrecht unter dem leuchtenden Puncte und dem schattenwerfenden Puncte liegen; und da er auch in der durch den leuchtenden Punct selbst und durch den schattenwerfenden Punct selbst gezogenen geraden Linie liegt, so ist der Ort, wohin jedes einzelnen Punctes Schatten fällt, bestimmt. Steht also zum Beispiel ein pyramidalischer Körper auf der Grund-Ebene, so er-giebt sich sein Schatten. Wenn in dem Raume, den er auf der Grund-Ebene verdunkeln sollte, ein anderer Körper den Schatten auffängt, so ist es für eine verticale, den Schatten auffangende Ebene, wieder leicht, den Schatten zu zeichnen, da man die Projection des beschatteten Punctes auf die Grund-Ebene und die Höhe, die der Schatten über dieser Projection hat, durch eben die vorhin angegebenen Linien bestimmt. Ist die Ebene schief, von welcher der Schatten aufgefangen wird, so muß man die Einschnittslinie der Vertical-Ebene, die durch den leuchtenden und den schattenwerfenden Punct gelegt ist, mit der schiefen Ebene bestimmen und dann auf dieser Durch-schnittslinie den beschatteten Punct vermittelst der geraden Linie durch jene beiden Puncte angeben.

Etwas schwieriger sind die Regeln für die Bestimmung des Schattens, wenn das Licht sich *vor* der Tafel befindet. Es liege der Tafel näher, als der Standpunct des Auges, so läßt sich

der scheinbare Ort des Lichtes auf der Zeichnungstafel angeben; der Ort nämlich, wo eine durch das Auge und das Licht gezogene gerade Linie die Tafel trifft. Es ist aber offenbar so, als ob die Lichtstrahlen von diesem Punkte ausgingen, und so ergibt sich, wenn der schattenwerfende Punkt gehörig eingetragen ist, die gerade Linie, in welcher jeder beschattete Punkt in dem Bilde sich befindet. Um dieses etwas genauer zu übersehn, trägt man, angefügt an die zur Zeichnung bestimmte Fig. 52. Tafel, Hilfslinien auf, die sich auf die wahre Lage des Lichtes und des Auges beziehen. Ist nämlich DE die Zeichnungstafel, A der Augenpunkt, Aa vertical gezogen, so nimmt man aO gleich dem horizontalen Abstände des Auges von der Tafel und zeichnet K in der Lage gegen die Grundlinie aE, wie die Projection des Lichtes auf die erweiterte Grund-Ebene es fordert, nämlich  $aI =$  der Entfernung des Lichtes von der Mitte der Tafel nach einer mit der Tafel parallelen Richtung gemessen,  $KI =$  dem senkrechten Abstände des Lichtes von der Tafel. Die verlängerte Linie OK giebt dann durch ihren Einschnittpunct L den Punkt an, senkrecht über welchem der scheinbare Ort des Lichts zu zeichnen ist. Um die Höhe LM des Lichtes einzutragen, zieht man IN vertical und der Höhe des Lichtes über der Grund-Ebene gleich, wo dann die gerade Linie AN bis M verlängert den richtigen Punct M, wo dem Auge das Licht auf der Tafel erscheint, abschneidet. Dafs die von M ausgehenden Linien die Strahlen des Lichts vorstellen; ist offenbar, und dafs also eines im Bilde vorkommenden Körpers P Schatten nach PQ zu fällt, ist auch einleuchtend. Stellt PR einen auf der Grund-Ebene stehenden verticalen Stab vor, dessen Fußspunct R richtig eingetragen ist, so ergibt sich die Richtung des Schattens RQ durch die von K ausgehende Linie KRQ; denn es ist offenbar, dafs die durch den Fußspunct des Lichts, durch den Fußspunct des Stabes und durch das Auge gelegte Ebene, weil das Auge sich in ihr befindet, eine solche Durchschnittslinie mit der Zeichnungstafel bildet, dafs diese mit KS in einer geraden Linie sich darstellt. So ist also RQ der Schatten der verticalen Stange PR auf dem horizontalen Boden.

### A b s p i e g e l u n g e n .

Es scheint etwas schwierig, wenn eine Spiegelfläche in dem Bilde vorkommt, die Gegenstände richtig als abgebildet

im Spiegel einzutragen, die das Auge in seinem angenommenen Standpunkte wirklich im Spiegel sehn würde; gleichwohl ist in vielen Fällen auch dieses gar nicht schwierig. Ist die Spiegelfläche horizontal, z. B. eine Wasserfläche, so liegen alle Bilder im Spiegel mit ihrem Urbilde in einerlei Verticallinie und ebenso tief unter der Spiegelfläche, als das Urbild darüber liegt; man hat also nur nöthig, diesen Punct der Verticallinie gehörig aufzutragen. Steht der Spiegel vertical, so muß man sich alle in der Zeichnung dargestellte Gegenstände in ihrem richtigen Orte hinter dem Spiegel noch einmal vorstellen und diese Spiegelbilder, als ob es wirkliche Gegenstände wären, in die Zeichnung eintragen; sofern diese in dem Raume des in der Zeichnung dargestellten Spiegels Platz finden, nimmt man sie wirklich auf, und hat so im Bilde die richtigen Gegenstände, die das Auge im Spiegel sieht, als abgespiegelt dargestellt. Für geneigt stehende Spiegel sind die Regeln zwar nicht mit so wenigen Worten auszusprechen, beruhn aber auf gleichen Ueberlegungen.

### Geschichte der Perspective.

Nach der Erzählung des VITRUVIUS hat schon AGATHARCHUS zur Zeit des AESCHYLUS zum Behuf der Decorationen für theatralische Darstellung Regeln perspectivischer Zeichnungen angegeben, die so genügend waren, daß man die Gegenstände als näher oder entfernter zu sehn glaubte, obgleich sie alle auf einer Ebene dargestellt waren. DEMOCRITUS und ANAXAGORAS sollen über diesen Gegenstand geschrieben haben. VITRUVIUS, der dieses erzählt, spricht von dem, was die Darstellung in Abbildungen leisten soll, nur sehr kurz, doch scheinen seine Andeutungen auf richtige Begriffe gegründet zu seyn, so daß man wohl annehmen darf, daß bei den Alten schon einige Kenntniß perspectivischer Zeichnungsregeln statt fand<sup>1</sup>. Auch EUKLID's Optik enthält mehrere zur Perspective gehörige Lehrsätze. PTOLEMAEUS hat bei der Entwerfung der Kugelfläche in stereographischer Projection Regeln der Perspective befolgt. In der spätern Zeit tritt die Perspective erst um das Jahr 1500 wie-

---

<sup>1</sup> M. VITRUVII POLLIONIS de architectura libri decem; im 2ten Cap. des ersten Buchs und in der Einleitung des 7ten Buchs. Ueber die Auslegung dieser Stelle s. LAMBERT's freie Perspective S. 10.



der hervor. Etwa um diese Zeit hat zuerst LEONARDO DA VINCI einen Tractat über die Perspective geschrieben, der aber nicht gedruckt worden ist. Kurz nachher haben mehrere Italiener Bücher über die Perspective bekannt gemacht, unter denen MONTUCLA vorzüglich PIETRO DEL BORGO, S. STEFANO, BALTAS. PERUZZI, IGN. DANTE, DAN. BARBARO nennt, die aber zum Theil neuer sind, als ALBRECHT DÜRER, dessen Buch: Unterweisung der Messung mit dem Cirkel und Richtscheit, zuerst 1525 erschien. Dieser hat aufer richtigern perspectivischen Regeln auch Instrumente zu richtiger Darstellung der Gegenstände angegeben. Dagegen bemerkt LAMBERT, dafs selbst in einem nach DÜRER erst erschienenen Buche die Zeichnungen so sind, dafs nicht für alle Gegenstände einerlei Augenpunct angenommen ist, sondern drei oder vier verschiedene Augenpuncte. UBALDI und AQUILONIUS schrieben im Anfange des 17ten Jahrhunderts und zahlreiche Schriftsteller, die von MONTUCLA, LAMBERT, PRIESTLEY und KLÜGEL angeführt werden<sup>1</sup>, folgten ihnen. Keiner von diesen hat aber, wie LAMBERT versichert, das richtige Eintheilen der Horizontallinie angegeben oder den perspectivischen Winkelmesser erfunden, sondern auf diese sind fast gleichzeitig LACAILLE in seinen *leçons d'Optique* und LAMBERT in seiner freien Perspective gekommen. LAMBERT hat sich auch durch viele andere bequemere Regeln und durch die Anleitung zum Gebrauche des Proportionalcirkels um die Perspective verdient gemacht. Kurz nach ihnen schrieb KARSTEN eine sehr ausführliche Perspective<sup>2</sup>, worin er sich, so wie KÄSTNER schon früher gethan hatte, der analytischen Formeln bedient. MONGE hat in seiner *géométrie descriptive*, deren Zweck die Darstellung *geometrisch bestimmter* Körper oder Flächen auf einer Ebene ist, neue Untersuchungen mitgetheilt, welche die Darstellung der Durchschnittslinien gegebener krummer Flächen und andrer geometrisch bestimmter Linien erleichtern<sup>3</sup>. Neuere Lehrbücher der Perspe-

1 MONTUCLA hist. des math. I. 706. LAMBERT im 2ten Theile der zweiten Auflage der freien Perspective oder Anweisung, jeden persp. Aufrifs ohne Grundrifs zu zeichnen S. 15, 38. PRIESTLEY und KLÜGEL in der Geschichte der Optik S. 78.

2 Als 7ter Theil seines Lehrbegriffs, welcher 1818 noch einmal von MOLLWEIDE herausgegeben worden ist.

3 MONGE géom. descriptive, nouv. édition, avec un supplément par M. HACHETTE. Paris 1811.

cive sind ziemlich zahlreich erschienen; ich fühle hier nur zwei an, die ihren Zweck sehr gut erfüllen: J. A. EYTELWEIN's Handbuch der Perspective. 2 Theile. Berlin 1810. (wo die Zeichnungsregeln im ersten Theile vorgetragen sind und, was nicht ohne Unbequemlichkeit ist, die Beweise im 2ten Theile). J. E. HUMMEL, die freie Perspective, erläutert durch Beispiele hauptsächlich für Maler und Architecten. Berlin 1824. (ein Buch, das von denen, welche sich mit Malerei beschäftigen, als sehr zweckmäfsig empfohlen wird). B.

## Perturbationen.

Störungen der Bewegungen der Himmelskörper; *Perturbationes motuum coelestium*; Perturbations des mouvemens célestes; *Perturbations*. Wenn ein einziger Planet um die Sonne liefe, so würde dieser eine genaue Ellipse um den Schwerpunct beider Weltkörper beschreiben; aber da in unserm Sonnensysteme alle Planeten auf jeden einzelnen durch ihre anziehende Kraft wirken, so entstehen dadurch Abweichungen der Bewegungen von der genauen elliptischen Bahn, und diese sind es, die wir Störungen der regelmäßigen Bewegung nennen oder der *Störung*, *Perturbation* durch die andern Körper, zuschreiben.

Diese Störungen sind zum Theil so beschaffen, daß sie einen immer mehr zunehmenden Werth erhalten und daher, obgleich sie an sich klein sind, doch im Laufe der Jahrhunderte erheblich werden; sie werden durch die *Säcular-Aenderungen* der Elemente der Bahnen angegeben. Andre Störungen sind periodisch und bringen eine nur eine Zeit lang zunehmende, dann wieder zunehmende, also *periodische* Abweichung des Planeten von seinem eigentlichen elliptischen Orte hervor; wenn die Perioden dieser Aenderungen sehr lang sind, so kann die Beobachtung eine stets zunehmende Aenderung anzugeben scheinen, wie es mit der Säculargleichung des Mondes, die eine immer mehr verkürzte Umlaufszeit anzugeben scheint, der Fall ist, obgleich auch diese Verkürzung der Umlaufszeit nach einem sehr langen Zeitraume wieder in Verlängerung übergeht.

Die Theorie sollte nun eigentlich die Frage beantworten, wie die Bewegung des einen Himmelskörpers beschaffen ist,

wenn auſſer dem Hauptkörper, der Sonne, noch mehrere andere Körper auf jenen einwirken. Dieſe Frage wäre ungemein ſchwierig; aber glücklicher Weiſe ſind alle Störungen ſo klein, daſs man nicht alle ſtörende Körper zugleich, ſondern immer nur *einen* in die Rechnung zu ziehn braucht und zuletzt alle Störungen des zweiten, dritten, vierten Körpers in eine Summe bringen kann. Wären die Maſſen der Planeten viel gröſſer und wären die Planeten einander näher, ſo würde dieſe Vereinfachung nicht ſtatt finden. Die Unterſuchung kommt alſo darauf zurück, zu beſtimmen, wie ein um den Centalkörper laufender Körper von ſeiner elliptiſchen Bahn abweicht, wenn noch *ein* in bekannter Bahn ſich bewegendes Körper anziehend einwirkt. Das Problem iſt daher unter dem Namen des *Problems von drei Körpern* bekannt.

NEWTON ſuchte zuerſt, nachdem er die allgemeinen Geſetze der Bewegung entdeckt hatte, auch die Störungen des Mondlaufs, das Zurückgehn der Mondsknoten, das Wanken der Erdaxe u. ſ. w. zu beſtimmen<sup>1</sup>; aber die Anwendung der höhern Analysis erlaubte ſpäter eine genauere Auflöſung jenes Problems, welche von EULER, D'ALEMBERT und CLAIRAUT zuerſt verſucht<sup>2</sup>, nachher von LAGRANGE, LAPLACE, POISSON, GAUSS, VON LINDENAU, BESSEL, ENCKE, HANSEN und andern weiter geführt worden iſt.

Die ganze Unterſuchung läſſt ſich nach LAGRANGE's ſehr klarer Darſtellung unter folgende Uebersicht bringen. Die Bewegung eines bloß von der Sonne angezogenen Planeten wird durch drei Differentialgleichungen des zweiten Grades ausgedrückt, bei deren Integration alſo ſechs beſtändige Gröſſen in die Rechnung kommen. Dieſe Conſtanten ſind die ſechs Elemente der Bahn und der Bewegung des Planeten oder ſie ſind Functionen derſelben. Wenn man auf die Anziehung eines dritten Körpers Rückſicht nimmt, ſo laſſen ſich jene Differentialgleichungen nicht mehr integrieren; aber die hinzugekommenen

---

1 Principia. III. propos. 22. 25. u. folg.

2 Ihre Unterſuchungen finden ſich in folgenden Schriften: L. EULERI theoria motus lunae. 1753. L. EULERI theor. motuum lunae. 1772. D'ALEMBERT recherches ſur différ. points du ſystème du monde und opusc. mathem. Tom. V. VI. CLAIRAUT ſur la théorie de la Lune. 1750.

Glieder sind, weil sie die Masse des störenden Körpers oder vielmehr die sehr kleine Zahl, welche das Verhältniß dieser Masse zur Masse der Sonne ausdrückt, enthalten, sehr klein, und man erhält daher, wenn man die Integration so ausdrückt, wie es mit Weglassung dieser Glieder geschehn müßte, statt der beizufügenden beständigen Größen vielmehr Größen, die einen kleinen veränderlichen Theil enthalten, dessen Bestimmung von jenen Gliedern abhängt. Den Werth dieses veränderlichen Theils kann man durch Näherung finden, und so wie bei der bloßen Wirkung der Sonne jene sechs Größen die unveränderlichen Elemente der Bahnen gaben, so erhält man jetzt aus ihnen veränderliche Elemente der elliptischen Bewegung, d. h. man erhält für jeden Zeitpunkt eine die wahre, jetzt nicht strenge elliptische Bahn osculirende Ellipse, deren Elemente in jedem Zeitpunkte von den Elementen der Ellipse, wie sie der Anziehung der Sonne allein entspräche, nur um etwas Geringes abweichen. Diese Veränderungen der elliptischen Elemente sind nun theils periodische, die von der gegenseitigen Stellung des störenden und des gestörten Körpers und von der Stellung beider gegen die Knotenlinie und die Axen der Bahn abhängen, die daher einerlei Werthe erhalten, so oft diese gegenseitigen Stellungen wieder eben dieselben werden, theils hängen sie nicht von diesen periodisch wiederkehrenden Stellungen ab und können daher immerfort mit der Zeit wachsen. Die Frage, welche Störungen periodisch sind und welche dagegen im Fortgange der Zeit stets wachsen, ist nicht immer so leicht zu beantworten. Manche periodische Störungen haben eine so lange Periode, daß die Beobachtungen eine fortwährend in gleicher Weise fortgehende Aenderung anzuzeigen scheinen, statt daß doch wirklich eine Zeit gewesen ist und kommt, wo die Zunahme in Abnahme übergeht, und wo daher die Aenderungen nicht als der Zeit proportional angesehen werden dürfen, wenn sie auch durch eine Reihe von Jahren so erscheinen. In diesem Falle gelten die Säculargleichungen, die wir als von Jahrhundert zu Jahrhundert die Aenderung der Elemente angebend betrachten, nur für einen gewissen Zeitraum, und die Aenderungen sind, wenn auch erst im Laufe vieler Jahrhunderte oder selbst mehrerer Jahrtausende sich ausgleichend, dennoch in gewissen Grenzen enthalten. Ein Beispiel davon geben die mittlern Entfernungen und die Umlaufszeiten der Pla-

neten. Die Vergleichung der Beobachtungen zeigte, daß die mittlere Bewegung des Jupiter nach und nach zugenommen, die des Saturn abgenommen hat<sup>1</sup>, und man glaubte daher in den Tafeln Säculargleichungen, zunehmend wie das Quadrat der Zeit für die mittlern Bewegungen beider Planeten, anbringen zu müssen. EULER suchte theoretisch diese Säculargleichungen zu bestimmen, aber erhielt ein von den Beobachtungen abweichendes Resultat, LAGRANGE fand zwar eine genügende Bestimmung, aber LAPLACE glaubte doch, daß die Untersuchung noch vollendeter durchgeführt werden müsse, und fand die richtigen Werthe dieser Säcular-Aenderung. Bei der Anwendung auf Jupiter und Saturn hoben sich aber diese gänzlich auf, d. h. alle die Glieder in dem Ausdrücke für die mittlere Entfernung und Umlaufszeit, die nicht periodisch sind, wurden zusammen  $= 0$ . Dieses, gewiß nicht zufällige Verschwinden aller nicht periodischen Glieder veranlaßte LAPLACE, auch die allgemeinen Ausdrücke näher zu untersuchen, und es fand sich, daß bei gehöriger Rücksicht auf die zwischen den einzelnen Größen bestehende Abhängigkeit immer jene Glieder zusammen  $= 0$  wurden. Die großen Axen der Planetenbahnen ergaben sich hieraus demnach als unveränderlich oder als nur periodischen Veränderungen unterworfen. Hierbei war indess angenommen, daß die Umlaufzeiten nicht commensurabel sind, und überdiess waren die höhern Potenzen der Excentricitäten und Neigungen nicht berücksichtigt, und es war daher ein wichtiger Fortschritt in den theoretischen Bestimmungen, daß LAGRANGE bewies, alle durch die Störung anderer Planeten auf die Veränderung der großen Axe einer Planetenbahn stattfindende Einwirkungen ließen sich auf ein partielles Differential zurückführen, welches sogleich zeige, daß in dem Werthe der großen Axe kein der Zeit proportionales Glied vorkommen könne, wenn man auch die höhern Potenzen der Neigungen und Excentricitäten nicht unberücksichtigt lasse. Bei dieser Untersuchung waren indess die Glieder, welche höhere Potenzen der Massen enthielten, nicht beachtet; aber POISSON zeigte, daß auch die Glieder, welche die Quadrate oder die Producte zweier störenden Mas-

---

<sup>1</sup> Schon KEPLER hat, wie SCHUBERT sagt, bemerkt (Astr. théorique III. 426.), daß diese Ungleichheit statt fand, nachher haben FLAMSTEAD und HALLEY sie näher kennen gelehrt.

sen enthielten, keine mit der Zeit immerfort wachsenden Ausdrücke gäben. POISSON gab ferner den Ausdrücken eine solche Form, daß die von den Aenderungen der Elemente der Bahn des gestörten Planeten abhängigen Theile sich so darstellten, daß man auch für sie das Nichtvorkommen von Gliedern, die der Zeit proportional wären, erkannte; für die Aenderungen der Elemente des störenden Planeten gelangte er auf einem andern Wege zu eben diesem Schlusse. LAGRANGE fand in diesen Resultaten Grund zu der Vermuthung, daß sich eben diese Folgerungen aus der Form der Differentialgleichungen selbst und aus den Bedingungen der Veränderlichkeit der Elemente der Bahn würden herleiten lassen, und es gelang ihm, einfachere Formeln für die Differentiale jener Aenderungen zu erhalten. Diese Formeln enthielten nämlich bloß partielle Differentiale einer Function der Zeit und jener Elemente, genommen in Beziehung auf jedes dieser Elemente und multiplicirt mit einfachen Functionen derselben; dadurch konnte jene Function in eine Reihe entwickelt werden, nach dem Sinus und Cosinus von Winkeln, die der Zeit proportional sind, und das von der Zeit unabhängige Glied giebt dann die Gleichungen der Säcular-Aenderungen. Hieraus ergab sich nun, daß die Aenderung der großen Axe kein nicht periodisches Glied enthalte, wenigstens wenn man nur auf die Aenderung der Elemente des gestörten Planeten Rücksicht nimmt. Die Rücksicht auf die Aenderung der Elemente des störenden Planeten ließe sich darum nicht so leicht bei diesen Formeln einführen, weil die Formeln nicht in Beziehung auf beide Körper symmetrisch sind; aber man erhält ähnlich angeordnete und dabei in Beziehung auf beide Körper symmetrische Formeln, wenn man die Planeten nicht auf den Mittelpunkt der Sonne, sondern auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt der Sonne und der Planeten bezieht, und nun zeigt sich, daß das Verschwinden aller nicht periodischen Glieder für die große Axe in Beziehung auf die erste und zweite Annäherung ganz allgemein ist. Man erhält so die Veränderungen der Elemente aller auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt bezogenen Bahnen und kann davon auf die Elemente der Bewegung um die Sonne leicht übergehen<sup>1</sup>.

---

1 Diese Darstellung seiner Untersuchungen giebt LAGRANGE selbst in den *Mém. de la classe des sc. math. de l'Inst. de France. Année*

Die Ueberzeugung, daß jene Beschleunigung der mittlern Bewegung des Jupiter und Verzögerung der mittlern Bewegung des Saturn nicht auf eigentlichen Säculargleichungen beruhen könne, führte LAPLACE schon sogleich nach seiner oben erwähnten Entdeckung zu weitem Untersuchungen. Er führt es als ein merkwürdiges Resultat der gegenseitigen Wirkung zweier Planeten an, daß in Beziehung auf Aenderungen, deren Periode lang ist, die Summe  $\frac{M}{r} + \frac{M'}{r'}$  beinahe constant bleibt, ungeachtet der Aenderungen von  $r$ ,  $r'$ , wenn  $M$ ,  $M'$  die Massen,  $r$ ,  $r'$  die großen Axen der Bahnen sind. Und hier, wo

$$T^{\frac{2}{3}} : T'^{\frac{2}{3}} = r' : r,$$

wenn  $T$ ,  $T'$  die mittlern Bewegungen sind, ergeben sich nach HALLEY's aus den Beobachtungen geschlossenen Bestimmungen für Jupiter und Saturn die Werthe der Aenderungen von  $T$  und  $T'$  in der That dieser Regel gemäß, woraus sich schließen ließe, daß die Aenderungen dem gegenseitigen Einflusse beider Planeten müßten zugeschrieben werden, daß also eine Störung, abhängig von der erst nach langen Perioden übereinstimmend wiederkehrenden gleichen Stellung, hier die Veranlassung zu diesen Aenderungen geben müsse. Der Grund für eine in den Integralgleichungen sehr merklich werdende Störung, die sich in den Differentialgleichungen nur als wenig merklich andeutet, liegt in der beinahe genauen Commensurabilität der Umlaufzeiten des Saturn und Jupiter, die sich sehr nahe wie 5 zu 2 verhalten. Die Glieder, deren Argument die fünfmalige Länge des Saturn weniger der zweimaligen Länge des Jupiter ist, konnten daher bei den Integrationen bedeutende Werthe erhalten (weil bei der Integration diese kleine Differenz in den Nenner übergeht), wenn sie auch in höhere Potenzen der hier sonst den unbedeutendern Werth der Glieder bestimmenden kleinen Größen (vorzüglich der Masse und auch der Neigung und Excentricität) multiplicirt waren<sup>1</sup>, und hier fand sich nun wirk-

1808. p. 1—10.; bei der Darstellung früherer Bemühungen habe ich LAPLACE syst. du monde benutzt.

1. Die mittlere Bewegung des Saturn beträgt  $120''{,}45763$ , des Jupiter  $299''{,}12780$ , also ist das Fünffache jener nur um  $4''{,}0825$  größer, als das Zweifache dieser, und dieser Unterschied steigt in  $865\frac{1}{2}$  Tagen auf  $1472''{,}89$  oder  $24^{\circ}32'9$ ; so daß erst in 900 Jahren dieser Unterschied  $860^{\circ}$  beträgt.

lich, daß diese Glieder eine große Ungleichheit, deren Periode 929 $\frac{1}{4}$  Jahr ist, hervorbringen. Zugleich erklärte sich die schon von LAMBERT gemachte Bemerkung, daß zwar die Vergleichung alter Beobachtungen dieser Planeten mit den neuern eine Abnahme der mittlern Bewegung des Saturn und eine Zunahme der mittlern Bewegung des Jupiter zeige, die Vergleichung späterer Beobachtungen mit den neuesten aber ein entgegengesetztes Resultat giebt. Die Ungleichheit hatte nämlich 1560 ihr Maximum erreicht, indem damals die mittlere jährliche Bewegung des Saturn um 20'' kleiner, die des Jupiter um 8'',5 größer als die eigentliche mittlere Bewegung war, statt daß im Jahre 1095 jene um 20'' zu groß, diese um 8'',5 zu klein gewesen war; im Jahre 1792 hatte die Bewegung beider Planeten ihren mittlern Werth erreicht und im Jahre 2025 wird bei beiden wieder die Größe der mittlern Bewegung wie 1095 eintreten.

Ich habe geglaubt, bei dieser einzelnen Störung länger verweilen zu müssen, theils weil sie die Veranlassung zur Entdeckung des wichtigen Theorems, daß die großen Axen der Planetenbahnen durchaus nur periodische Störungen erleiden, gab, theils weil sie die Wichtigkeit des Umstandes, daß die Umlaufzeiten beinahe genau commensurabel sind, zeigen. Ungefähr alle 20 Jahre kommen Saturn und Jupiter zu gleichen Stellungen gegen einander im Umlaufe um die Sonne zurück und manche Ungleichheiten müssen in dieser Zeit ihre Periode vollenden; aber wenn sie, um nur die Conjunction als Beispiel zu nehmen, einmal in Conjunction kommen in der Nähe des Knotens ihrer Bahnen, so kommen sie nach drei Conjunctionen wieder in der Nähe dieses Knotens in Conjunction und diejenigen Störungen, die sich ausgleichen würden, wenn die nach einander folgenden Conjunctionen immer andern und andern Punkten der Bahn entsprächen, gleichen sich nicht aus, wenn die Conjunctionen und damit alle correspondirende Stellungen längere Zeiten hindurch nur auf bestimmte, beinahe gleiche Punkte der Bahnen treffen. Sie gleichen sich daher erst in der langen Zeit von ungefähr 900 Jahren aus, wo die Conjunctionen alle Punkte des Kreises durchlaufen. Etwas einigermaßen Ähnliches findet bei der Erde und Venus statt, da 13 Umlaufperioden der Venus nahe mit 8 Umlaufperioden der Erde übereinstimmen, so daß die Differenz nur  $\frac{1}{17}$  der Umlaufzeit der Erde ist. AIXX macht in Beziehung auf diese Ungleichheit fol-



gende interessante Bemerkung. Wenn die Excentricität der Venusbahn und Erdbahn, so wie die gegenseitige Neigung der Bahnen ungeändert blieben, die grossen Axen der Bahnen aber mit der Knotenlinie zusammenfielen und das Aphelium der Venus in eben der Richtung läge, wo das Perihelium der Erde liegt, so würde der Coefficient dieser Ungleichheit in der Epoche 9<sup>n</sup> betragen und bei etwas vergrößerter Neigung oder Excentricität auf das Doppelte und Dreifache zunehmen können, — offenbar desto mehr, je näher sich beide Himmelskörper im einen Endpunkte der Axen kämen und je entfernter sie in der gegenüber liegenden Gegend von einander blieben<sup>1</sup>.

Die übrigen Elemente der Planetenbahnen leiden Aenderungen, die theils wirklich mit der Zeit immer zunehmen, theils so ungemein lange Perioden haben, daß wir sie für Jahrhunderte lang als gleichförmig ansehen können. Zu den letztern gehören, als die merkwürdigsten, die Aenderungen der Excentricität der Bahnen und die Aenderungen ihrer Neigung, und auch in Beziehung auf diese läßt sich nachweisen, daß sie in gewisse Grenzen eingeschlossen sind und in sehr langen Perioden dieselben Werthe wieder erhalten. Die Erdbahn hatte 8400 Jahre vor unserer Zeitrechnung eine Excentricität = 0,019, seit dieser Zeit ist diese immer abnehmend und wird bis zum Jahre 23300 abnehmen, wo sie = 0,0046 seyn wird (jetzt ist sie = 0,01684). Ebenso ist es mit den Neigungen der Bahnen. Die Ebene der Erdbahn ist z. B. nicht unveränderlich, und man muß daher diejenige Ebene, mit welcher sie zu einer gewissen Zeit übereinstimmte, als feste Ebene den übrigen Bestimmungen zum Grunde legen; aber von der Lage, die sie im Jahre 1750 hatte, entfernt sie sich nie um 5,5 Grade und die Neigungen der übrigen Bahnen gegen einander sind ebenso in bestimmte Grenzen eingeschlossen. LAPLACE hat im Allgemeinen gezeigt, daß, welche Massen auch die Planeten haben möchten, dadurch allein, daß sie sich alle nach *einer* Richtung und in Bahnen, die wenig excentrisch und wenig gegen einander geneigt sind, bewegen, ihre Störungen periodisch und in enge Grenzen eingeschlossen seyn müssen, daß daher für unabsehbare Zeiten das ganze Planetensystem um einen Zustand, der von dem jetzigen nicht

1 Brewster Journ. of Science. New Ser. No. XII.

2 SCHWARZ popul. Astronomie, III. 297.

wesentlich verschieden ist, oscillirt hat und oscilliren wird. LUBBOCK bemerkt hierbei, daß diese Bedingungen nicht einmal alle nöthig sind, um bei dem wirklich statt findenden Gesetze der Anziehung die Stabilität des ganzen Systems zu beweisen, indem die von ihm entwickelten Formeln für die Aenderungen der elliptischen Constanten richtig bleiben, welche Potenzen der störenden Kräfte man auch beibehalte, und diese Formeln zeigen, daß die halbe große Axe, die Excentricität und die Neigung keine andere als periodische Aenderungen erleiden<sup>1</sup>. Die Einwirkung der Kometen ist freilich dabei nicht beachtet, aber diese scheinen, wegen ihrer geringen Masse, fast nie oder nur bei einer unendlich selten vorkommenden allzu großen Annäherung an einen Planeten eine bedeutende Einwirkung haben zu können.

Die Störungen betreffen ferner, sofern sie die Elemente der Bahnen ändern, die Lage der großen Axe oder der Apsidenlinie. Auch bei diesen Aenderungen findet ein Vorrücken und Zurückgehn statt, aber dennoch ist im Ganzen ein Vorrücken überwiegend, weil der Ausdruck für diese Störungen außer periodischen Gliedern ein mit dem Fortgange der Zeit immer wachsendes Glied enthält. Was die Ursachen der Aenderungen betrifft, so lassen sich diese in Beziehung auf die Neigungen der Bahnen und ihre Knotenlinien am leichtesten übersehn. Indem der eine Planet sich in seiner Bahn oberhalb der Bahn des andern Planeten gegen seinen Knoten zu bewegt, wird er gegen die Ebene der Bahn des störenden Planeten angezogen und erreicht diese Ebene etwas eher, als es ohne diese Anziehung der Fall seyn würde, der Knoten geht also zurück und die Neigung der Bahn vergrößert sich dabei ein wenig; diese letzte Aenderung gleicht sich aus, wenn der Planet durch den Knoten gegangen ist, statt daß das Zurückgehn der Knoten fortwährend bewirkt wird.

Die Pole beider Planetenbahnen beschreiben daher einen Kreis um einander, dessen Halbmesser der Neigung der Bahnen gegen einander gleich ist. Bezieht man die Lage beider Bahnen auf eine dritte Ebene, auf die Ekliptik z. B., so kann gegen diese die Neigung veränderlich und die Knotenlinie rück-

---

1 Phil. Transact. for 1830. p. 327.

läufig oder rechtläufig seyn. Stellt man sich nämlich zuerst die Bahn der Erde (oder überhaupt die Ebene, auf welche man die andern beziehn will,) und die Bahn des störenden Planeten vor, so liegen ihre Pole um so viel von einander entfernt, als die Neigung beider gegen einander beträgt; um den letztern Pol bewegt sich der Pol der Bahn des gestörten Planeten im Kreise und folglich nähert sich dieser dem Pole der Erdbahn oder entfernt sich von ihm, je nachdem es die Bewegung auf diesem Kreise mit sich bringt, d. i. die Neigung der Bahn des gestörten Planeten gegen die Ekliptik nimmt ab oder nimmt zu, so wie es diese veränderte Entfernung zeigt. Was die Länge des Knotens der Bahn des gestörten Planeten betrifft, so wollen wir uns denken, der Pol dieser Bahn sey zu dem Punkte gelangt, wo er in seinem Kreise den durch den Pol der Ekliptik und den Pol der Bahn des störenden Planeten gezogenen grössten Kreis schneidet; befindet er sich zugleich in demjenigen Durchschnittspunkte, wo er am weitesten vom Pole entfernt ist, so bringt seine rückgängige Bewegung um den Pol der Bahn des störenden Planeten auch eine rückgängige Bewegung um den Pol der Ekliptik hervor, die überhaupt so lange dauert, als der Pol der Bahn des gestörten Planeten sich in dem von dem Pole der Ekliptik am meisten entfernten, durch die vom Pole der Ekliptik ausgehenden Berührungsbogen begrenzten Theile seines um den Pol der Bahn des störenden Planeten beschriebenen Kreises befindet. Dieses gilt, wenn der Pol der Ekliptik ausserhalb des kleinen an der Himmelskugel gezogenen Kreises liegt, und in diesem Falle machen nie die vom Pole der Ekliptik nach jenen beiden Polen gezogenen grössten Kreise einen Winkel von  $90^\circ$  oder mehr mit einander, folglich machen auch die nach beiden aufsteigenden Knoten der Planeten mit der Ekliptik gezogenen Linien immer einen Winkel  $< 90^\circ$ . Ist dagegen die Neigung der Bahn des gestörten Planeten gegen die Bahn des störenden grösser als die des letztern gegen die Ekliptik, so befindet sich der Pol der Ekliptik innerhalb des Kreises, den der Pol der Bahn des gestörten Planeten beschreibt, und da dieser auf dem Kreise rückgängig ist, so erscheint er immerfort als rückgängig vom Pole der Ekliptik aus, d. h. die Knotenlinie des gestörten Planeten mit der Ekliptik ist immer rückgängig. Hierbei ist der Pol der Bahn des störenden Planeten als unveränderlich angenommen; da er aber selbst auch gestört wird

durch den andern Planeten und diese Störungen im entgegengesetzten Sinne eintreten, so läßt sich die Anwendung leicht auf den zweiten Planeten ebenfalls machen.

Diese Beziehung auf eine ganz unveränderliche Ebene oder auf die Ebene, mit welcher die Ekliptik in einem gewissen Zeitpunkte übereinstimmte, ist nicht mehr gültig für die wahre Ebene der Erdbahn, weil diese selbst durch die Störungen der Planeten ihre Lage ändert. Um das, was jetzt eintritt, zu über-  
 55. sehn, sey EA die Ekliptik, AB die Bahn eines die Bewegung der Erde störenden Planeten, A ihr aufsteigender Knoten; da die Erde hier als der gestörte Körper angesehen wird, so rückt der Knoten ihrer Bahn nach a zurück, und damit dabei die Neigung ungeändert bleibe, muß  $EA = 90^\circ$  und E der Durchschnittspunct der beiden Ebenen seyn, wie sie vor und nach der Aenderung waren. Ist nun CB die Bahn eines andern Planeten, B der Knoten beider Bahnen, C der aufsteigende Knoten mit der Erdbahn, so ist  $Ec < EC$ , also der Knoten zurückgegangen, und dieses findet immer statt, wenn  $AC < 90^\circ$  ist oder C zwischen A und e liegt; im entgegengesetzten Falle (für  $AG > Ae$  oder  $> 90^\circ$ ) läge der niedersteigende Knoten der Bahn DF in G und  $Eg$  wäre  $> EG$ , also der Knoten vorwärts gehend. Die Neigung der Planetenbahn BC, desjenigen Planeten nämlich, den wir hier nicht als den störenden ansehen, gegen die Ekliptik nimmt ab, wenn der Knoten C vor dem Knoten A des störenden Planeten voraus ist, weil  $B Ce > Bce$  ist in dem Dreiecke, wo  $Ce$ ,  $ce$  kleiner als  $90^\circ$  sind; dagegen nimmt die Neigung zu, wenn der aufsteigende Knoten C eine geringere Länge, als der aufsteigende Knoten des störenden Planeten hat. Eben diese Betrachtungen aber gelten auch, wenn BC nicht die Ebene einer Planetenbahn, sondern eine andere unveränderliche Ebene ist, auf welche man die Lage der Ekliptik bezieht. So erhellt, daß die Knoten der Planetenbahnen auf der Ekliptik in längern Zeiträumen bald rechtläufig, bald rückläufig werden müssen, und daß die Neigungen bald abnehmen, bald zunehmen werden, also auch hier keine nicht periodischen Aenderungen statt finden. Was die Lage der Ekliptik betrifft, so erleidet sie vermöge der Wirkung aller Planeten eine Aenderung. Denken wir uns also eine für immer unveränderliche Ebene BC, so wird diese eine abnehmende Neigung haben, so lange ihr aufsteigender Knoten um mehr als  $90^\circ$

vorwärts von dem Punkte B liegt, um welchen die Ekliptik gleichsam gedreht wird. Wegen der in langen Zeiträumen sich ändernden Lage der Planetenbahnen ändert sich auch EC und es kommen daher Zeiten, wo die Ekliptik ihre Neigung gegen die feste Ebene vermehrt, statt daß diese zu anderer Zeit abnimmt.

Eine ähnliche Betrachtung in Beziehung auf den Aequator zeigt, daß für die nur durch *einen* Planeten hervorgebrachte Aenderung, wenn der Pol der Planetenbahn weiter als der Pol der Ekliptik vom Pole des Aequators entfernt liegt, also die Neigung der Planetenbahn gegen den Aequator größer ist, als die Schiefe der Ekliptik, folgende Aenderungen eintreten. Es sey A Q der Aequator, EC die Ekliptik, BD die Bahn des stö-<sup>Fig. 54.</sup>renden Planeten, also Q der aufsteigende Knoten der Ekliptik auf dem Aequator, F der aufsteigende Knoten der Planetenbahn auf der Ekliptik. Wir wissen, daß die Ekliptik so auf der Bahn des störenden Planeten zurückweicht, daß sie die Lage BFC einnimmt, wobei offenbar der Durchschnittspunct mit dem Aequator rechtläufig vorrückt und die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator abnimmt. Ist dagegen Q F größer als  $90^\circ$ , so geht die Lage der Ekliptik vermöge der Störung durch diesen aus EFC in efc über, und der Knoten mit dem Aequator<sup>Fig. 55.</sup> ist rückgängig, die Neigung aber auch hier abnehmend. Liegt<sup>Fig. 56.</sup> der aufsteigende Knoten des Planeten im dritten, also der niedersteigende Knoten G im ersten Quadranten, so geht der Knoten G nach g zurück und EgC ist die veränderte Lage der Ekliptik, mithin erhellt, daß der Knoten der Ekliptik auf dem Aequator zurückgeht, die Schiefe der Ekliptik aber zunimmt, und dieses Zunehmen der Schiefe findet auch statt, wenn der aufsteigende Knoten der Bahn sich im vierten Quadranten befindet.

Da nun in der gegenwärtigen Zeit die Länge der aufsteigenden Knoten des Mercurius, der Venus, des Mars und des Uranus kleiner als  $90^\circ$  ist, die Länge des aufsteigenden Knoten für Jupiter und Saturn zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$ , so wirken alle zur Abnahme der Schiefe der Ekliptik zusammen und die ersten bringen eine rechtläufige, die letztern eine rückläufige Bewegung der Knoten hervor. Die Abnahme der Schiefe beträgt in 100 Jahren  $51''$ , das Vorwärtsrücken der Knoten würde  $17''$  in 100 Jahren betragen, wenn nicht<sup>1</sup> die Einwirkung der Sonne

1 S. Art. *Vorrücken der Nachtgleichen.*

und des Mondes auf die sphäroidische Erde ein Rückgehn der Nachtgleichen bewirkte.

Diese Aenderung der Schiefe der Ekliptik hängt also von der Lage der Knotenlinien der Planetenbahnen ab; diese Lage ist aber selbst veränderlich und nicht immer werden die Planeten vereinigt die Schiefe der Ekliptik vermindern, sondern es wird auch diese Aenderung nur eine periodische, sich im Laufe der Jahrhunderte ausgleichende, seyn. Nach den bis jetzt angestellten Berechnungen schwankt die Schiefe der Ekliptik zwischen  $18^{\circ}$  und  $29^{\circ}$ , sie muß vom Jahre 2000 vor unsrer Zeitrechnung an im Abnehmen seyn und ferner bis zum Jahre 6700 abnehmen, dann 13000 Jahre lang zunehmen und 15000 Jahre lang wieder abnehmen; in dieser unermesslich scheinenden Zeit aber wird sie nicht weniger als  $20^{\circ} 34'$  und nicht mehr als  $27^{\circ} 48'$  betragen<sup>1</sup>.

Die Bewegung des Mondes ist großen Perturbationen ausgesetzt, weil hier die anziehende Kraft der Erde und der Sonne zugleich einwirkt. Weil die Masse der Sonne 337000 mal so groß als die Masse der Erde ist, so übt jene, obgleich ihre mittlere Entfernung vom Monde 392,5 mal so groß als die Entfernung der Erde vom Monde ist, doch eine mehr als zweimal so große anziehende Kraft auf ihn aus, da  $\frac{337000}{332.332} =$  beinahe  $2\frac{1}{2}$  ist. Wirkte die Erde nicht auf den Mond, so würde er eine eben solche Ellipse, wie die Erde, um die Sonne beschreiben, aber die Erde nöthigt ihn, von dieser Bahn bald nach innen, bald nach außen abzuweichen. Wenn der Mond im Vollmonde der Sonne gegenüber steht, so hat er eine größere Geschwindigkeit als die Erde, aber die anziehende Kraft der Sonne ist dann mit der anziehenden Kraft der Erde verbunden, und beide zusammen wirken so stark auf ihn, daß die seiner Geschwindigkeit entsprechende Schwungkraft dieser vereinigten Kraft nicht das Gleichgewicht hält, und deshalb nähert sich der Mond, während er der Erde voreilt, der Sonne. Bei seinem Vorausgehn vor der Erde erlangt die Anziehungskraft der Erde immer mehr eine der Richtung der Bewegung des Mondes um die Sonne entgegengesetzte Richtung und vermindert dadurch seine Geschwindigkeit, so daß er im letzten Viertel, wo er eben so weit

1 Ich nehme diese Zahlen aus SCHUBERT's popul. Astr. III. 290.

als die Erde von der Sonne entfernt ist, zwar der Erde vorausgeeilt ist, aber ihr dann nicht weiter voreilt, sondern, noch immer von ihr zurückgezogen, an Geschwindigkeit immer mehr verliert, dabei also auch fortfährt, sich der Sonne zu nähern, weil seine verminderte Schwungkraft ihn nicht in derjenigen Entfernung von der Sonne, worin er sich befindet, erhalten kann. Sobald aber auf diese Weise der Mond bis innerhalb des Kreises, den die Erde beschreibt, gelangt ist, zieht die Erde ihn von der Sonne abwärts und ihre Anziehungskraft vermindert daher die Wirkung der Anziehungskraft der Sonne; aus diesem Grunde erlangt, der um die Zeit des Neumonds noch mehr verminderten Geschwindigkeit und Schwungkraft ungeachtet, die durch die Attraction der Erde unterstützte Schwungkraft wieder das Uebergewicht, der Mond entfernt sich nach dem Neumonde mehr von der Sonne, und sobald er wegen seiner verminderten Geschwindigkeit hinter der Erde zurückbleibt, treibt die Anziehung dieser ihn wieder zu schnellerer Bewegung an, so daß er im ersten Viertel mit schnellerer Bewegung als zur Zeit des Neumondes der Erde folgt und immer mehr beschleunigt, zugleich auch durch zu große Schwungkraft sich von der Sonne entfernend, diejenige Entfernung und Schnelligkeit wieder erlangt, die er im vorigen Vollmonde hatte.

So durchläuft der Mond, während er eine Bahn mit der Erde um die Sonne vollendet, eine beinahe kreisförmige relative Bahn um die Erde. Da wir die scheinbare Bewegung des Mondes um die Erde beobachten, so beziehn wir seine Störungen auf diese und würden nicht von Störungen reden, wenn wir ihn seinen Kreis um die Erde gleichförmig durchlaufen sähen. Wir sind daher veranlaßt zu fragen, wiefern die Kraft der Sonne zur Vermehrung oder Verminderung der Geschwindigkeit des Mondes in seinem Kreislaufe um die Erde und wiefern sie zur Aenderung seines Abstandes von der Erde beiträgt. Es sey T <sup>Fig. 57.</sup> die Erde, L der Mond, S die Sonne und  $ST = R$ ,  $TL = r$ ,  $SL = z$ , S die Masse der Sonne, T die Masse der Erde. Die Anziehungskraft der Erde auf den Mond wird durch  $\frac{T}{r^2}$ , die Anziehungskraft der Sonne auf die Erde durch  $\frac{S}{R^2}$ , auf den Mond durch  $\frac{S}{z^2}$  ausgedrückt. Da die letztere hier nur sofern in

Betrachtung kommt, als sie von der auf die Erde wirkenden verschieden ist, so zerlegt man sie zunächst nach den Richtungen

$$LU, LT \text{ und erhält so nach } LT = \frac{S}{z^2} \cdot \frac{\sin. LST}{\sin. LTS} = \frac{S}{z^2} \cdot \frac{r}{z}$$

$$\text{und nach } LU = \frac{S}{z^2} \cdot \frac{R}{z}. \text{ Wäre die letztere} = \frac{S}{R^2}, \text{ so würde}$$

sie, wie bei der Bewegung der Erde, durch die Schwungkraft, die aus der Bewegung um die Sonne entsteht, im Gleichgewichte gehalten, und nur der Ueberrest  $\frac{S \cdot R}{z^3} - \frac{S}{R^2} = \frac{S(R^3 - z^3)}{R^2 \cdot z^3}$

kommt daher hier in Betrachtung. Diese Kraft, zerlegt nach der Tangente der Mondbahn um die Erde und nach der Richtung des Radius, giebt als Tangentialkraft  $= \frac{S(R^3 - z^3)}{R^2 \cdot z^3} \sin. \varphi$ ,

$$\text{wenn } sTL = \varphi \text{ ist, als Normalkraft} = \frac{S(R^3 - z^3) \cdot \cos. \varphi}{R^2 \cdot z^3};$$

mit der letztern verbinden sich die Kräfte  $\frac{T}{r^2} + \frac{Sr}{z^3}$ , so daß

$$\text{die Normalkraft} = \frac{T}{r^2} + \frac{Sr}{z^3} + \frac{S(R^3 - z^3)}{R^2 \cdot z^3} \cos. \varphi \text{ ist, wenn}$$

man den Winkel  $\varphi$  so nimmt, daß er für den Vollmond  $= 0$  ist.

Da die Tangentialkraft die Umlaufbewegung um die Erde beschleunigt oder verzögert und die Normalkraft hierauf nicht einwirkt, so läßt sich der Gang dieser Beschleunigungen und Verzögerungen so übersehn. Im Vollmond ist  $\varphi = 0$ , also auch die Tangentialkraft; aber gleich nach der Zeit des Vollmonds fängt, weil  $z > R$  ist, eine Verzögerung der Bewegung um die Erde an, die nur dauert, bis  $z = R$  ist, also bis um die Zeit des letzten Viertels, wo also die relative Geschwindigkeit des Mondes, seine stündliche Bewegung um die Erde, am kleinsten ist. Nach dem letzten Viertel wird  $R^3 - z^3$  positiv und in den positiven  $\sin. \varphi$  multiplicirt, die Winkelgeschwindigkeit um die Erde nimmt also zu bis zum Neumonde, wo  $\sin. \varphi = \sin. 180^\circ = 0$ . Nach dem Neumonde wird  $\sin. \varphi$  negativ und daher die Geschwindigkeit in der Kreisbahn um die Erde abnehmend, so lange  $R > z$ , bis zum ersten Viertel, zunehmend dagegen, wenn  $R < z$ , also von da bis zum Vollmonde; folglich ist in den Vierteln die stündliche Bewegung am kleinsten, beim Neumonde und Vollmonde am größten.

Die gesammte Normalkraft enthält außer dem Gliede



$\frac{T}{a^2}$ , welches die Kraft der Erde allein ausdrückt, ein positives und ein negatives Glied. Das Glied  $\frac{S(R^3 - z^3)}{R^2 z^3} \cos. \varphi$  wird

nämlich immer negativ, weil in dem von der Sonne entfernten Halbkreise  $\cos. \varphi$  positiv, aber  $z > R$  ist, in dem der Sonne nähern Halbkreise  $\cos. \varphi$  negativ, aber  $z < R$ . Die Wirkung der Anziehungskraft der Erde wird daher um die Zeit der Viertel vermehrt, weil dann das letzte Glied verschwindet oder sehr klein ist, im Ganzen aber wird sie vermindert, weil die für den ganzen Umlauf gesuchte Summe der beiden letzten Glieder negativ und ungefähr gleich dem 358sten Theile der Anziehung der Erde ist.

Wegen dieser verminderten gegen die Erde gerichteten Kraft bleibt der Mond in einer etwas größern Entfernung von der Erde, als ohne jene Einwirkung der Fall seyn würde, und da die Normalkraft gegen die Erde am größten ist um die Viertel, wo die Geschwindigkeit am kleinsten ist, so wird er da am stärksten von der Tangente abgelenkt, welches dagegen in der Stellung beim Neumonde und Vollmonde weniger bedeutend geschieht; bei den Vierteln ist daher eine starke Annäherung zur Erde und daraus entsteht eine größte Nähe des Mondes zur Zeit des Neumondes und Vollmondes, wogegen in den Vierteln die Entfernung am größten ist, oder mit andern Worten, die elliptische Bahn des Mondes um die Erde nimmt eine Verlängerung an nach der Richtung, wo der Mond sich in den Quadraturen befindet, und wird verkürzt in der Richtung gegen die Sonne und von ihr abwärts. Hieraus entsteht die *Gleichung der Parallaxe*, indem die Parallaxe bei der Annäherung des Mondes zur Erde vergrößert wird. Jene im Ganzen statt findende Verminderung der Centrakraft, die den Mond nach dem Mittelpunkte seiner Bahn um die Erde zieht, ist größer, wenn die Entfernung der Erde von der Sonne kleiner ist; ihre Wirkung muß also um die Zeit vom September bis März, wo die Erde sich in dem perihelischen Theile ihrer Bahn befindet, merklicher seyn, d. h. für diesen Theil des Jahres muß die Entfernung des Mondes von der Erde größer seyn, so wie es einer verminderten Centrakraft gemäß ist. Bei dieser größern Entfernung wird die scheinbare Bewegung langsamer, wie es die Gleichheit der Sektoren fordert, und während die Erde der Sonne näher ist, bleibt also der Mond hinter seinem mittlern Orte zu-

rück, welches gegen die Zeit der mittlern Entfernung im März, nach dem Perihelium der Sonne, am meisten beträgt, wogegen im September die Voreilung am größten ist. Dieses ist die *jährliche Gleichung* des Mondes.

Die allmählig eintretende Aenderung der Excentricität der Erdbahn bringt in diesen Einwirkungen eine Veränderung hervor, die LAPLACE zuerst erklärt hat. HALLEY hatte bemerkt, daß die den neuern Beobachtungen entsprechende mittlere Bewegung des Mondes nicht den ältern Beobachtungen angemessen sey, sondern daß die mittlere Bewegung des Mondes zugenommen habe, daß er sich also im ganzen Umlaufe jetzt der Erde näher befinde, als in den ältern Zeiten. Die theoretischen Untersuchungen über die Bewegung des Mondes gaben lange keine Aufklärung über diese Veränderung der Entfernung und der mittlern Bewegung, bis endlich LAPLACE die Ursache in der jetzt seit vielen Jahrhunderten abnehmenden Excentricität der Erdbahn fand. In dem völlig entwickelten Ausdrucke nämlich, welcher die durch die Wirkung der Sonne hervorgehende Verminderung der Centralkraft und die damit zusammenhängende Vergrößerung der Entfernung des Mondes und verminderte Größe seiner mittlern Bewegung angiebt, findet sich ein Glied, welches von dem Quadrate der Excentricität der Erdbahn abhängt und eine Zunahme der mittlern Bewegung giebt, so lange die Excentricität abnimmt. Diese Aenderung beträgt zwar noch keine 12 Tausendmilliontel der mittlern Bewegung, aber da die mittlere Bewegung des Mondes in einem Jahrhundert über 5347 Millionen Sec. beträgt und jene Aenderung als 6 Tausendmilliontel für den ganzen Zeitraum betragend angesehen werden kann, so erreicht diese Größe dennoch den Werth von  $31\frac{1}{2}''$  als Säculargleichung, welches merklich genug ist. Da die Verminderung der Excentricität der Erdbahn nicht unaufhörlich dauern wird, so wird auch diese Beschleunigung in einer sehr entfernten Zukunft in das Gegentheil übergehn und der uns jetzt um etwas höchst Geringes näher rückende Mond wird wieder zu einer etwas größern mittlern Entfernung übergehn.

Aus den mitgetheilten Betrachtungen läßt sich der Grund der beiden Gleichungen der Monds Bewegung, die unter den Namen Evection und Variation bekannt sind, übersehn. Die *Evection* nämlich ist eine Veränderung der Mittelpunctsgleichung. Wenn der Mond eine immer gleiche Ellipse um die

Erde beschriebe, so wäre bei allen Umläufen auf gleiche Weise die Bewegung schneller in der Erdnähe, langsamer in der Erdferne. Es sey aber nun die Lage der Mondbahn so, daß der Mond in den Quadraturen seine größte oder kleinste Entfernung von der Erde erreicht, so wird hier die Normalkraft durch

$$\frac{T}{r^2} + \frac{8r}{z^3}$$

ausgedrückt, und da in der einen Quadratur  $r$  kleiner

als in der andern ist, so findet ein ungleiches Verhältniß des letzten Gliedes zum ersten statt, indem das letztere in der Erdferne des Mondes ein größerer Theil des ersten ist, als in der Erdnähe; hierdurch wird die anziehende Kraft, die in der Erdferne kleiner als in der Erdnähe ist, der Gleichheit in beiden Fällen näher gebracht. Dagegen wenn die Axe der elliptischen Mondbahn mit der Richtung nach der Sonne zusammenfällt, so ist das dritte Glied der Formel für die Normalkraft am größten in der Erdferne des Mondes, und dieses negative Glied, welches größer als das zweite positive ist, vermindert also die gegen die Erde gerichtete Normalkraft gerade dann am meisten, wenn sie schon für sich selbst am kleinsten ist; daher ist die gegen die Erde zu wirkende Kraft in der Erdferne in stärkerm Mafse vermindert, als es in Verhältniß gegen die in der Erdnähe wirkende Kraft in der Ellipse der Fall seyn würde, und die Excentricität der Bahn ist bei dieser Lage der Axe der Bahn größer, als sie in der Ellipse seyn würde.

Die *Variation* hängt von dem schon erwähnten Umstande ab, daß die Tangentialkraft im zweiten und vierten Quadranten (wir mögen diese vom Neumonde oder Vollmonde an rechnen) die Bewegung beschleunigt, im ersten und dritten Quadranten verzögert. Im Neumonde ist die Geschwindigkeit durch die zunächst vorher gegangene Beschleunigung vergrößert, und obgleich dann die Geschwindigkeit kleiner wird, so bleibt sie doch bis zur Vollendung des nächsten Octanten größer als die mittlere, und erst im Ankommen am Ende des ersten Octanten ist die mittlere Geschwindigkeit hergestellt; bis dahin hat das Voraus-eilen vor der elliptischen Bewegung also immerfort, wenn gleich zuletzt nur wenig mehr, zugenommen, und diese Voreilung, die eben als Vergrößerung der Länge des Mondes die Variation ist, hat ihren größten Werth erreicht, wenn der Mond den ersten Octanten beendigt. Im Durchlaufen des zweiten Octanten wird der Ueberschuß der wahren Länge über die der ellipti-

schen Bewegung angemessene Länge kleiner und zur Zeit der Quadratur, am Ende des zweiten Octanten, ist die wahre Länge mit der in der elliptischen Bahn einerlei. Nach dem ersten Viertel bewirkt zwar die Tangentialkraft eine zunehmende Geschwindigkeit, aber diese bleibt dennoch zuerst geringer, als es der elliptischen Bewegung gemäß seyn würde, und erst am Ende des dritten Octanten wird die wahre Bewegung der elliptischen gleich; der Mond ist daher nach und nach immer mehr hinter dem Orte, den die elliptische Bewegung ihm geben würde, zurückgeblieben, so daß am Ende des dritten Octanten die Variation am größten ist. Nach diesem Zeitpunkte übertrifft die Geschwindigkeit des Mondes diejenige, welche er nach den Gesetzen der elliptischen Bewegung haben sollte, und von Stunde zu Stunde nimmt daher sein Zurückbleiben hinter dem elliptischen Orte ab; im Vollmonde stimmt sein wahrer Ort mit dem elliptischen Orte überein und eben die Folge von Erscheinungen wiederholt sich in den andern zwei Quadranten.

Daß durch eben diese Aenderungen der auf den Mond wirkenden Kräfte auch die Apsidenlinie, die Lage der großen Axe seiner Bahn sich ändern muß, versteht sich von selbst. Der Hauptsache nach wird durch diese Störungen ein nach der Ordnung der Zeichen gehendes Fortrücken der Apsidenlinie bewirkt, welches jedoch nicht gleichmäßig seyn kann. Die Apsidenlinie rückt schneller fort, wenn die Verminderung der Centrakraft durch die Einwirkung der Sonne am größten ist, also um die Zeit der Syzygien oder des Neumonds und Vollmonds, dagegen am langsamsten um die Zeit der Viertel.

Diese Betrachtungen betrafen nur die Figur der Bahn; da aber die Ebene der Mondbahn nicht mit der Ebene der Ekliptik zusammenfällt, so erhellt leicht, daß auch die Lage dieser Ebene Aenderungen erleiden wird, unter denen das *Zurückgehn der Mondknoten* die bedeutendste und eine unaufhörlich fortgehende ist. Es findet hier nämlich das statt, was schon bei den Störungen der Planeten erwähnt worden ist, die Knoten der Mondbahn gehn auf der Erdbahn zurück, die Neigung aber leidet vor und nach dem Durchgange durch den Knoten entgegengesetzte Aenderungen, die sich ausgleichen. Das Fortrücken der Knoten ist am stärksten, wenn Mond und Sonne sich  $90^\circ$  von der Knotenlinie befinden, und wird nicht befördert, wenn die Sonne in der Ebene der Mondbahn oder wenn der Mond in der Ebene der Erdbahn

im Knoten seiner Bahn sich befindet. Dieses Zurückgehn ist so schnell, daß der ganze Umlauf derselben in 18 Jahren und 239 Tagen vollendet wird. Diese wichtigste Aenderung der Lage der Mondbahn hat eine von der sphäroidischen Gestalt der Erde herrührende Ungleichheit, die eine eben solche Wirkung der Erde auf den Mond ist, wie die Nutation eine Wirkung des Mondes auf die Erde. Die daraus entstehende Ungleichheit in der Breite verhält sich so, als ob sich die Mondbahn nicht auf der Ekliptik mit unveränderlicher Neigung fortbewegte, sondern auf einer Ebene, die ein wenig gegen die Ekliptik geneigt ist und durch die Aequinoctialpunkte gehend zwischen der Ekliptik und dem Aequator liegt. Vermöge dieser Ungleichheit vermindert sich die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik, wenn der aufsteigende Knoten derselben mit dem Nullpuncte des Widders zusammentrifft, und vermehrt sich, wenn er bei dem Nullpuncte der Waage liegt. Da diese Ungleichheit von der Abplattung der Erde abhängt, so kann man die Gröfse der Abplattung aus der Gröfse dieser Ungleichheit

bestimmen und die Abplattung  $= \frac{1}{304,6}$  schien, nach LAPLACE's

Bestimmungen, dieser Ungleichheit am besten zu entsprechen. Andere Ungleichheiten in der Bewegung, die LAPLACE auführt, muß ich hier übergeln; alle lassen sich aus dem Gesetze der allgemeinen Schwere erklären<sup>1</sup>.

Die seit langen Zeiten angestellten vielen und genauen Beobachtungen der Jupitersmonde haben auch in ihren Bewegungen Störungen kenntlich gemacht, die sich nach eben den Gesetzen genau erklären lassen.

Diese Folgerungen aus frühern Untersuchungen, die man schon von LAPLACE, SCHUBERT u. A.<sup>2</sup> dargestellt findet, sind in neuerer Zeit noch um vieles bereichert worden, und die Methoden, die Perturbationen zu berechnen, haben einen höhern Grad von Vollkommenheit erreicht; ich kann indeß diese Untersuchungen nur sehr oberflächlich anführen, da ihre genaue

<sup>1</sup> Neuere Untersuchungen über die Störungen der Bewegung des Mondes von DAMOISEAU s. in den Mém. prés. à l'Acad. des sc. Tom. I.

<sup>2</sup> LAPLACE expos. du syst. du monde Livre IV. Chap. 2. §. 4. 6.  
6. SCHUBERT populäre Astronomie III. 240.

Darstellung vielleicht ohne Formeln ganz unmöglich oder wenigstens nur dem möglich ist, der den Gegenstand in seinem ganzen Umfange selbst erforscht hat.

Ueber die Störung, welche die Kometen in ihrem Laufe um die Sonne leiden, hatte schon CLAIRAUT bei der Berechnung der Wiederkehr des Halley'schen Kometen im Jahre 1759 Untersuchungen angestellt und gefunden, daß die Störungen des Jupiter und Saturn die Wiedererscheinung desselben bedeutend verzögern würden, und seine Berechnung ward durch die Beobachtung bestätigt. Nachher gab LAPLACE allgemeinere Bestimmungen für diese Perturbationen und zeigte, daß die grossen Veränderungen, welche die Bahn des Kometen von 1770 muß erlitten haben, von der Einwirkung des Jupiter abhingen. Aber die genauern Beobachtungen der neuern Zeit machten eine Rücksicht auf diese Störungen, selbst während der Sichtbarkeit eines Kometen, nothwendig, und BESSEL hat zuerst bei seiner Berechnung der Bahn des Kometen von 1807 auf die Nothwendigkeit, diese zu berücksichtigen, aufmerksam gemacht. Es ist nämlich offenbar, daß man eine genau beobachtete Reihe von Stellungen des Kometen in seiner Bahn nie durch eine für sie alle passende Ellipse darstellen kann, daß man also eine unrichtige Ellipse findet, wenn man sich bloß vorsetzt, sie allen Beobachtungen gleich gut anzupassen; man muß vielmehr auf die Störungen, welche der Komet in dieser Zeit leidet, so Rücksicht nehmen, daß man aus den störenden Kräften die Aenderung, welche die Elemente der (näherungsweise bekannten) Bahn von einem Zeitpuncte zum andern leiden, bestimmt und dann die beobachteten Oerter des Kometen mit den Stellungen vergleicht, die er in dieser *veränderlichen* Ellipse nach und nach erlangt. Dabei ist es vortheilhaft, die störenden Kräfte so zu zerlegen, daß die Richtungen der Zerlegung gegen die Sonne zu senkrecht auf diese Richtung in der Ebene der Bahn und senkrecht gegen die Ebene der Bahn sind, und indem man dieses für mehrere Zeitpuncte (z. B. von 30 zu 30 Tagen) that, wird man in den Stand gesetzt, die Aenderung jedes einzelnen Elements der Bahn während einer bestimmten als Einheit angenommenen Zeit diesen Zeitpuncten entsprechend anzugeben. Die Beobachtungen geben dann, wenn man nicht gleich Anfangs die für einen gewissen Zeitpunct genau richtige Ellipse angenommen hat, Abweichungen von der *veränderlichen* Ellipse,

und indem man nach der Bedingung, daß die Summe der Quadrate der Abweichungen ein Kleinstes seyn soll, die Aenderungen der zuerst angenommenen Bahn (an welche die Störungen angebracht wurden) bestimmt, so erhält man die für einen bestimmten Zeitpunkt passende Ellipse. Wie sehr aber schon während der Sichtbarkeit des Kometen die Elemente der Ellipse, in welcher der Komet sich bewegt, sich ändern, zeigt BESSEL durch folgende Bemerkungen. Die Ellipse, welche der Bewegung des Kometen um den 22ten Sept. 1807 entspricht, gab eine Umlaufszeit von 1713 Jahren; aber schon am 23sten März 1808 hatte sich die Excentricität der für diesen Zeitpunkt osculirenden Ellipse verkleinert, so daß diese Ellipse eine Umlaufszeit von 1685 Jahren gäbe; rechnet man weiter bis dahin, wo im Jahre 1815 (am 19ten März) der Komet in Gegenden gelangt, in welchen die Störungen der einzelnen Planeten nicht mehr sehr merklich sind, sondern man ihn als eine Ellipse um den gemeinschaftlichen Schwerpunct aller Körper des Sonnensystems beschreibend ansehen kann, so findet man ihn da in einer Ellipse, die eine 1543jährige Umlaufszeit geben würde<sup>1</sup>.

Aehnliche Untersuchungen haben BESSEL über den Olbers'schen Kometen, ARGELANDER über den Kometen von 1811, DAMOISEAU und ROSENBERGER über die jetzt bevorstehende Wiederkehr des Halley'schen Kometen angestellt<sup>2</sup>, und ebenso beruht ENCKE's sehr vollendete Berechnung der Wiederkehr des nach ihm benannten Kometen von kurzer Umlaufszeit auf einer sehr genauen Berücksichtigung der Störungen.

Von andern Untersuchungen über verbesserte Berechnung der Perturbationen glaube ich noch folgende nicht unerwähnt lassen zu dürfen. GAUSS hat in einer besondern Abhandlung eine Untersuchung angestellt, deren Zweck er selbst auf folgende Weise angiebt. Die Säcular-Aenderungen, welche die Elemente einer Planetenbahn durch die Störungen eines andern Planeten erleiden, sind von der Stellung dieses letztern in seiner Bahn unabhängig und würden eben dieselben seyn, es mag der störende Planet seine Bahn nach den Kepler'schen Ge-

---

1 Untersuchungen über die wahre Bahn des im Jahr 1807 erschienenen großen Kometen von BESSEL. (Königsberg 1810.)

2 Abhandl. der Berlin. Acad. für 1812. 8. 119. ARGELANDER über die Bahn des Kometen von 1811. (Königsberg 1822.)

setzen durchlaufen, oder es möchte dagegen die Masse des Planeten durch die Bahn so gleichförmig ausgetheilt seyn, daß den Theilen der Bahn, die sonst in gleichen Zeiten durchlaufen werden, gleiche Theile der Masse des Planeten zugetheilt werden, wobei nur vorausgesetzt wird, daß die Umlaufzeiten des störenden und des gestörten Planeten nicht commensurabel sind. Der Gegenstand der Abhandlung ist nämlich, zu bestimmen, welche Wirkung die Attraction eines solchen elliptischen Ringes, dessen sehr geringe Dicke nach dem angegebenen Gesetze ungleich ist, auf einen gegebenen Punct hervorbringt<sup>1</sup>.

Eine andere hierher gehörige Untersuchung hat BESSEL angestellt. Man kann die Störung, welche ein Planet in dem Laufe eines andern Planeten hervorbringt, als aus zwei Theilen bestehend ansehen, nämlich derjenigen Störung, die aus der Anziehung des störenden Planeten auf den gestörten hervorgeht, und derjenigen, welche aus der Bewegung der Sonne entspringt, die der erstere erzeugt. Diese beiden Theile, die man gewöhnlich zusammengenommen hat, getrennt zu betrachten ist aus zwei Gründen vortheilhaft, erstlich weil der aus der Bewegung der Sonne entstehende Theil der planetarischen Störungen sich vollständig entwickeln läßt, theils weil vielleicht die Anziehung, welche ein bestimmter Körper auf einen Planeten ausübt, eine andere seyn kann, als diejenige, welche eben der Planet selbst bei gleichem Abstände auf einen andern Planeten ausüben würde. Wir sind nämlich zwar gewohnt, es so anzusehn, als ob die in bestimmter Entfernung durch verschiedene Körper ausgeübten Attractionen ihren Massen proportional wären, aber es ist sehr zweifelhaft geworden, ob nicht hierbei eine, vielleicht in der verschiedenen Beschaffenheit verschiedener Weltkörper begründete, Ungleichheit statt findet, so daß man die aus den Wirkungen der Attraction abgeleitete Masse eines Planeten gar wohl anders finden könnte, je nachdem man die auf einen zweiten, dritten, vierten Planeten ausgeübte Wirkung bei ihrer Berechnung zum Grunde legte<sup>2</sup>.

Ganz neuerlich hat HANSEN durch wichtige Verbesserungen der Bestimmung der Störungen die Aufmerksamkeit der Astro-

1 Comment. soc. Gotting. pro anno 1818.

2 Abhandl. der Acad. d. Wiss. zu Berlin aus dem Jahre 1824.  
S. 1. Vergl. *Anziehung* Bd. I. S. 341.



nomen auf sich gezogen. Ich theile aus dem Eingange seiner Abhandlung<sup>1</sup> hier einiges mit, was über die Bemühungen anderer Mathematiker noch etwas mehr Licht verbreitet. Ueber die Zusammenstellung der Glieder erster, zweiter, dritter Ordnung, die nämlich nur einen oder zwei oder drei der kleinen Factoren enthalten, welche das Verhältniß der Massen zur Sonnenmasse ausdrücken, bemerkt er, daß für die Aenderung der Coordinaten oder für die Aenderung des Radius Vector, der heliocentrischen Länge und Breite, nur die Glieder der ersten Ordnung in den hierfür entwickelten Ausdrücken bisher berücksichtigt worden sind, bei der Berechnung der Perturbationen zweiter Ordnung sey man immer auf die Variation der Elemente der Bahn zurückgegangen. Ferner hatte LAPLACE zwar die Glieder, die nur einen Massenfactor enthalten, so weit als zugleich kein anderer oder nur ein anderer, kleiner Factor (von Excentricität und Neigung abhängig) darin vorkommt, vollständig entwickelt, die Glieder aber, in welchen zwei solche Factoren vorkommen, so berechnet, daß sie die Perturbationen erster Ordnung als bekannt voraussetzen. Die Glieder, worin zwei Massenfactoren enthalten sind, hat er, da ihre Zahl so groß ist, nur unvollkommen entwickelt. D'Alembert hat in seiner Mondtheorie durch einen ihm eigenthümlichen Kunstgriff es erhalten, daß sowohl die Glieder, welche einen, als welche zwei Massenfactoren enthalten, nach ihrer numerischen Größe, ohne daß man sich nach ihrem analytischen Grade richtet, beibehalten oder weggelassen werden konnten, ein Vorzug, der sehr wesentlich ist, weil nicht selten die Glieder, welche in Beziehung auf Excentricität und Neigung von einer höhern Ordnung sind, dennoch größer ausfallen, als die von niedrigerer Ordnung.

Ueber die Frage, ob man lieber die Methode, die Elemente als veränderlich zu berechnen, oder unmittelbar die Aenderungen der drei Coordinaten zu bestimmen, wählen soll, bemerkt HANSEN, daß doch das letztere dem eigentlichen Zwecke entsprechender sey, daß aber überdiß auch, wenn man jene Methode wählt, für sechs Elemente die Veränderungen berechnet und daraus dann erst die Aenderungen der drei Coordinaten hergeleitet werden müssen; wobei aber noch eine

---

1 SCHUMACHER's astr. Nachr. Nr. 166.

besondere Schwierigkeit vorkomme, indem es auf Differenzen ankomme, die sich beinahe gänzlich aufheben. HANSEN's eigene Methode unterscheidet sich dadurch, daß alle Störungen der Länge, durch die Zeit ausgedrückt, an der *mittlern* Länge angebracht werden, wobei die Elemente unverändert bleiben; mit dieser gestörten mittlern Länge wird der Logarithmus des Radius Vector berechnet u. s. w. Ueber den Vortheil, den es gewährt, die Störungen an die *mittlere* Länge anzubringen, bemerkt er ferner<sup>1</sup>, er habe *a posteriori* gefunden, daß, wenn man die Störungen bis zu einer gewissen numerischen Grenze herab finden will, die Anzahl der Argumente der Störungen der mittlern Länge bis zu dieser Grenze herab kleiner ist, als die Anzahl der Argumente der Störungen der wahren Länge. So z. B. waren hier, um die Störungen Saturns erster Ordnung in Beziehung auf die Massen bis auf 0",1 zu finden, 49, dort nur 38 verschiedene Argumente zu beachten. Dieses erleichtert aber nicht nur die Rechnung, sondern macht sie auch genauer als die bisher gebräuchliche; denn die hier gebrauchten Reihen convergiren schneller, und bei solchen Reihen ist auch die Summe der unterhalb einer gewissen numerischen Grenze liegenden sämtlichen Glieder kleiner und man ist also der Wahrheit näher gekommen. Es ließe sich aus dem, was HANSEN über seine Methode sagt, noch etwas mehr mittheilen, aber ich getraue mir nicht, dieses auf eine hinreichend belehrende Weise zu thun, und verweise daher lieber auf die Abhandlung selbst, indem ich ohnehin fürchte, über einen Gegenstand, in den ich nicht tief genug eingedrungen bin, hier schon zu viel gesagt zu haben.

B.

## Phantasmagorie

(von *φάντασμα*, Erscheinung, Gespenst, und *ἀγοράζωμαι*, ich versammle) nennt man die Darstellung von Luftbildern, vonwesenlosen Gestalten. Man bedient sich dazu einer der Zauberalaterne ähnlichen Vorrichtung, aber statt die Bilder auf einer festen Wand darzustellen, läßt man sie auf einen durchsichtigen

---

<sup>1</sup> In der Vorrede zu den Untersuchungen über die gegenseitigen Störungen des Saturn und Jupiter.

**Schirm fallen.** Da der Art. *Zauberlaterne* die Art der Hervorbringung dieser Bilder angiebt, so ist es hier hinreichend, nur zu bemerken, daß man sich auf Glas gezeichneter Figuren bedient, die gehörig erleuchtet in die richtige Stellung gegen *convexe* Gläser, um ein Bild darzustellen, gebracht werden, und daß man durch Veränderung der Entfernung jener auf Glas gezeichneten Figuren vom Brennpuncte der *convexen* Gläser ein größeres oder kleineres Bild und dadurch den Anschein, als ob die im Bilde uns vorschwebenden Gegenstände näher rückten oder sich weiter entfernten, erhalten kann. Hat man den Raum, wo die Zuschauer sich befinden, vollkommen verdunkelt, so kann man dadurch, daß man halbdurchsichtige Vorhänge an mehreren Orten herabhängen läßt, den wahren Ort des Bildes verändern und dadurch die Täuschung, als ob die Gespenster ähnliche Erscheinung bald nahe bei den Zuschauern, bald entfernt sey, bald über ihren Köpfen schwebte, die Täuschung also, als ob sie sich nach Willkür bewegte, sehr befördern. Wenn die Bilder kleiner werden, so stellen sich ihre Umrisse schärfer dar und die Farben werden lebhafter und glänzender; dieses stimmt nicht mit der größern Entfernung, die man darzustellen wünscht, überein, indess läßt sich allenfalls durch verminderte Erleuchtung auch hier nachhelfen. Man kann auch das Bild eines wirklichen Gegenstandes oder selbst einer Person auf den Schirm fallen lassen, wo dann die Bewegungen durch das Bild dargestellt werden, indess hat dieses, weil nicht alle Theile zugleich auf derselben Ebene gut dargestellt werden, Schwierigkeiten und fordert eine ziemlich entfernte Aufstellung des Gegenstandes, damit der Unterschied der Nähe der einzelnen Theile weniger nachtheilig sey. Da die Bilder vermittelt *eines* Glases umgekehrt dargestellt werden, so würde man sich eines zweiten Glases bedienen müssen, um eines aufrecht stehenden Menschen Bild wieder aufrecht darzustellen. Statt das Bild auf einen durchsichtigen Schirm fallen zu lassen, kann man es auch im Rauche darstellen. Daß diese Darstellung von Bildern den Namen Geister-Erscheinung u. s. w. führt, ist wohl bekannt genug; wem es Vergnügen macht, die dazu gehörigen Hocuspocus zu lesen, mag HALLE's natürl. Magie I. 232. nachsehn. B.

## P h a s e n.

**Lichtgestalten; Phases; Phases; Phases** (von *φάσις*, Erscheinung) nennt man vorzüglich die verschiedenen Erscheinungen des Mondes und der Planeten, sofern dieselben bald voll erleuchtet, bald sichelförmig, bald halb erleuchtet u. s. w. erscheinen. Die Ungleichheit der Erscheinung dieser Himmelskörper, welche bekanntlich insgesamt von der Sonne erleuchtete Kugeln sind, hängt davon ab, daß wir die von der Sonne erleuchtete Halbkugel zuweilen ganz sehn, zu andern Zeiten nur einen Theil derselben, oder daß auch nur die dunkle Seite uns zugekehrt ist.

Die *Mondphasen*, Lichtgestalten des Mondes, auch *Mondsbrüche* genannt, stellen sich uns in folgender Ordnung dar. Wenn der Mond mit der Sonne zugleich auf- oder untergeht, so sehn wir ihn gar nicht, und zwar deswegen, weil er uns seine von der Sonne nicht erleuchtete Seite zukehrt. Sobald er, vermöge seines schnellern Fortrückens unter den Sternen, sich von der Sonne etwas mehr entfernt, zeigt er sich uns als schmale Sichel, deren Breite stets zunimmt. Nicht allein die Ursache dieser ungleichen Erscheinung, sondern auch die Bestimmung der Breite des erleuchteten Theiles läßt sich leicht übersehn.

Fig. 58. Es sey nämlich in S die Sonne, in sehr großer Entfernung, in T die Erde, so durchläuft der Mond relativ gegen die Erde eine kreisförmige Bahn. Steht er dann zur Zeit des Neumondes in a, so ist er beinahe genau in der durch Sonne und Erde gezogenen geraden Linie und wir sehn daher nichts von seiner erleuchteten Seite; aber indem er seine Bahn von a nach b durchläuft, eilt er der Sonne vor, d. h. er steht östlich von der Sonne, und da wir von der Erde aus die Hälfte p q sehn; so zeigt sich uns ein kleiner erleuchteter Theil q r und ein größerer dunkler Theil p r. Es läßt sich leicht übersehn, daß die Breite des halben Theiles q r eben so viele Grade eines größten Kreises auf dem Monde umfaßt, als der scheinbare Abstand des Mondes von der Sonne beträgt; denn da s r auf ST und p q auf LT senkrecht ist, so machen p q, s r einen Winkel = STL mit einander, und dieses heißt offenbar, der uns sichtbare erleuchtete Theil umfaßt so viele Grade, als der scheinbare Abstand STL des Mondes von der Sonne. Dieses gilt wenigstens so nahe genau, als man die von der Sonne nach der Erde

und nach dem Monde gezogenen Linien als parallel ansehen kann. Es ist also der Mond genau halb erleuchtet; wenn er 90 Grade von der Sonne absteht, und zwar sagen wir, er sey im *ersten Viertel*, wenn der Mond 90° östlich von der Sonne steht und uns seine westliche Hälfte erleuchtet zeigt. Da er sich um diese Zeit und überhaupt vom Neumonde bis zum Vollmonde immer weiter von der Sonne entfernt, also der Winkel STL größer wird, so haben wir dann *zunehmenden* Mond, eine fortwährende Vergrößerung des erleuchteten Theils (*luna crescens; lune croissante; the crescent*), und diese Zunahme dauert bis zum Vollmonde fort. Befindet sich der Mond in c, der Sonne gerade gegenüber, so sehen wir seine ganze uns zugekehrte Oberfläche erhellt und er zeigt sich als *Vollmond*. Nach dem Vollmonde nimmt der scheinbare Abstand des Mondes von der Sonne wieder ab und eben so nimmt die Breite seines erleuchteten Theiles ab, weshalb er dann *abnehmender* Mond (*luna decrescens*) heisst; bei seiner Stellung in d erscheint er wieder 90° von der Sonne und nun westlich von derselben, wobei dann sein östlicher Theil der erleuchtete ist. Endlich kehrt er zu der Stellung, wo er nahe bei der Sonne erscheint, zurück und es ist wieder Neumond. Diese ganze Periode umfasst die Reihe aller *Mondwechsel* und heisst eine *Lunation*; sie stimmt mit einem *synodischen Monate* überein und ist etwas länger als ein Umlauf des Mondes um die Erde, weil wegen des scheinbaren Fortrückens der Sonne der Neumond nicht zum zweiten Male eintritt, wenn der Mond wieder in a ankommt oder einen *siderischen Umlauf* vollendet hat, sondern wenn er so viel weiter fortgerückt ist, daß er die unterdeß scheinbar fortgerückte Sonne wieder erreicht.

Bei jeder Phase des Mondes ist die *Lichtgrenze* oder die Linie, welche den uns sichtbaren erleuchteten Theil von dem unerleuchteten trennt, ein auf der Oberfläche des Mondes gezogener größter Kreis, dessen Ebene auf der durch die Mittelpunkte der beiden Himmelskörper und das Auge des Beobachters gelegten Ebene senkrecht steht. Dieser größte Kreis erscheint uns aber als eine Ellipse, deren große Axe der zwischen den *Hörnern* (oder äußersten Spitzen des erleuchteten oder dunkeln Theiles) gezogene Durchmesser ist und deren halbe kleine Axe durch den größten Abstand zwischen der Lichtgrenze und der durch die Hörnerspitzen gezogenen geraden Linie be-

stimmt ist. Da dieser Abstand auf einem Durchmesser, welcher gegen die Linie durch die Hörner senkrecht ist, gemessen wird und alle vom Auge des Beobachters nach verschiedenen Punkten des Mondes gezogene Linien als parallel angesehen werden können, so ist dieser Abstand dem Cosinus des uns sichtbaren erleuchteten Theiles des Mondes proportional. Es sey nämlich  $AB$  der Durchmesser des Mondes, welcher die uns zugekehrte Seite von der abgewandten Seite trennt, indem die Erde in  $T$  steht, so erscheint  $D$  uns als Mittelpunkt der sichtbaren Mondscheibe, und wenn  $E$  in der Lichtgrenze liegt, die Sonne aber nach der Richtung  $LS$  steht, so ist  $BE$  der uns sichtbare erleuchtete Bogen; die nach dem Auge des Beobachters gezogenen Linien  $LT$ ,  $ET$  sehn wir als parallel an und der erleuchtete Theil hat daher eben die scheinbare Breite, wie  $BF = LE \cdot \sin. vers. BE$ ;  $LF$  dagegen ist dem Abstände der Lichtgrenze vom Mittelpunkte des Mondes gleich. Hiernach kann man die Mondphase für einen bestimmten Zeitpunkt zeichnen. Steht z. B. der Mond zu dieser Zeit  $48\frac{1}{4}$  Grad von der Sonne entfernt, so ist auch der erleuchtete uns zugekehrte Bogen  $48\frac{1}{4}$  Grad, und wenn  $DE$  die Linie durch die Hörner des Mondes darstellt, so muß man  $CG = CE \cdot \cos. 48\frac{1}{4}^\circ = \frac{1}{2}CE$  auftragen, um den Durchschnitt der Lichtgrenze mit dem Durchmesser  $AB$  zu erhalten. Zieht man dann  $cb$ ,  $c'b'$  mit  $CB$  parallel und nimmt überall  $cg = \frac{1}{2}c'b$ , so ist die durch  $g$ ,  $G$ ,  $g'$  gezogene Linie die Lichtgrenze und  $DGEB$  stellt die Phase des Mondes dar. Da für  $90^\circ$  Abstand von der Sonne der Cosinus  $= 0$  ist, so geht die Ellipse  $Dgg'E$  dann, d. h. in den Quadranten, in eine gerade Linie über; für den Abstand  $= 0^\circ$  im Neumonde und  $= 180^\circ$  im Vollmonde ist der Cosinus  $= 1$  und die Lichtgrenze fällt dann mit dem Mondrande zusammen, indem der Mond das eine Mal gar nicht, das andere Mal ganz erleuchtet erscheint. Wenn man den Mond mit Fernröhren beobachtet, so erscheint die Lichtgrenze nicht als eine elliptische rein gezogene Linie, sondern sie hat Einbeugungen und Ausbeugungen, ja einzelne Lichtpunkte liegen ganz getrennt von dem erleuchteten Theile in der Nachtseite des Mondes. Dieses hat in der bergigen Oberfläche des Mondes seinen Grund und die in der Nachtseite liegenden hellen Punkte sind erleuchtete Bergspitzen. In Beziehung hierauf hat *HEVEL* die Mondphasen in 40 verschiedenen Darstellungen abgezeichnet; er giebt

diesen Phasen eigene Namen, z. B. *phasis lunae corniculatae crescentis* am 3ten Tage, *phasis lunae falcatae crescentis* am Ende des dritten Tages, *phasis lunae lunatae crescentis* am 5ten Tage nach dem Neumonde u. s. w.

Eben so spricht man nun auch von Phasen oder Lichtgestalten, welche die Sonne uns bei Sonnenfinsternissen, der Mond bei Mondfinsternissen darstellt. Bei Mondfinsternissen ist die wahre Grenze des Schattens kein Kreis, sondern eine Linie, die als aus dem Durchschnitte des Schattenkegels mit der Kugel-Oberfläche des Mondes entstehend bestimmt werden muß.

Auch an den untern Planeten und am Mars beobachten wir eine Ungleichheit der Phasen. Was zuerst die Phasen der untern Planeten, des Mercurius und der Venus, betrifft, so zeigen sie sich auf folgende Weise. Wenn die *Venus* als Abendstern nach Sonnen-Untergang sichtbar zu werden anfängt, so ist sie beinahe ganz erleuchtet und zeigt sich durch Fernröhre als eine helle runde Scheibe. Sie ist nämlich dann weiter als die Sonne von uns entfernt und wir sehn daher ihre ganze von der Sonne erleuchtete Seite. Sie entfernt sich hierauf ostwärts von der Sonne und bleibt am Abendhimmel länger sichtbar; ihre Lichtphase ist dann abnehmend, und wenn sie am weitesten von der Sonne entfernt ist, erscheint sie uns halb erleuchtet, wie der Mond im ersten Viertel. Zu dieser Zeit nämlich steht die Erde <sup>Fig. 61.</sup> *T* in der Richtung der Tangente der Venusbahn und wir sehn daher von der Venus *V* die Hälfte der erleuchteten und die Hälfte der dunkeln Seite. Während hierauf die Venus sich scheinbar wieder der Sonne nähert und kürzere Zeit nach Sonnen-Untergang sichtbar bleibt, rückt sie nach *W* zu und von dem erhellten Theile wird uns stets weniger sichtbar, sie gleicht immer mehr dem Monde kurz nach dem Neumonde, und wenn sie im *W* zur untern Conjunction mit der Sonne kommt, kehrt sie uns ganz ihre dunkle Seite zu. Nach diesem Zeitpunkte wird sie Morgenstern und steht westlich von der Sonne, sie zeigt nun ein zunehmendes Licht, eine immer breiter werdende Lichtphase, und gleicht, da sie an der Ostseite erleuchtet ist, dem abnehmenden Mond kurz vor dem Neumonde; sie ist halb erleuchtet, dem letzten Viertel gleich, wenn sie in *X* die Stellung erreicht, wo sie am meisten sich von der Sonne entfernt, und kehrt dann allmählig zum vollen Lichte zurück, wäh-

rend sich ihr Abstand von der Erde vergrößert, weshalb sie gegen die Zeit ihrer untern Conjunction immer kleiner, obgleich in immer größerer Lichtphase, erscheint. Wenn man auf die Bewegung der Erde in ihrer Bahn Rücksicht nimmt, so ändert sich diese Betrachtung nur insofern, als die Erscheinungen bei andern Stellungen der Venus in ihrer Bahn eintreten, in Beziehung auf ihre von der Erde aus gesehene scheinbare Stellung gegen die Sonne bleibt alles eben so<sup>1</sup>. Für den Mercurius gelten ganz gleiche Bestimmungen.

Der Mars, der nie zwischen der Erde und der Sonne steht, hat eine andre Folge der Phasen. Ist er mit der Sonne in Conjunction, so ist er entfernter als diese und kehrt der Erde seine ganze erleuchtete Seite zu, und wenn er in der Opposition der Sonne gegenüber steht, so sehn wir ihn wieder ganz Fig. 62. erleuchtet. In der Zwischenzeit zwischen diesen beiden Erscheinungen sehn wir ihn nicht voll erleuchtet, sondern wenn der Mars in M, die Erde in T, die Sonne in S steht, ist der uns zugekehrte unerleuchtete Theil durch den Winkel SMT bestimmt. Eben so viele Grade nämlich, als dieser Winkel enthält, umfaßt auch der unerleuchtete, uns sichtbare Bogen des größten Kreises, der in der Ebene SMT liegt. Der Winkel SMT wird niemals über  $41^\circ$  und wir sehn daher immer mehr als  $139^\circ$  dieses größten Kreises erleuchtet; das ist fast immer mehr, als wir vom Monde drei Tage nach dem Vollmonde sehn. Am meisten ist uns von der dunkeln Seite zugekehrt, wenn der Winkel STM 90 Grade beträgt. Beim Jupiter ist kein Unterschied der Phasen mehr merklich, weil der uns zugekehrte Theil der dunkeln Seite nur wenige Grade betragen kann.

In den neuern physikalischen Schriften kommt das Wort *Phase* noch in einer andern Bedeutung vor. Nach Newton's Theorie der Anwandlungen des leichtern Durchgangs und der leichtern Zurückwerfung des Lichtes findet bei den Lichttheilchen eine Folge verschiedener Zustände statt, vermöge welcher das Lichttheilchen vom Zustande der Fähigkeit am leichtesten zurückgeworfen zu werden zu dem Zustande einer minder und minder leichten Reflexibilität übergeht und, nachdem es hier ein gewisses Aeußerstes erreicht hat, wieder rückwärts eben die

1 Noch einige genauere Angaben s. im Art. *Venus*.



Abstufungen durchläuft. Diese in gleichen Perioden immer wiederkehrenden Zustände nennt man die verschiedenen *Phasen der Anwandlungen*. Ganz eben so gebraucht man das Wort in Beziehung auf die Undulationen des Lichts in der Undulationstheorie. Bei jeder Art von vibrirender Bewegung geht das Theilchen eine Zeit lang von dem Orte des Gleichgewichts vorwärts bis zu einem gewissen Maximum der Ausweichung, dann kehrt es bis zu dem Orte des Gleichgewichts zurück, hierauf wird es durch seine erlangte Geschwindigkeit, vermöge der Trägheit, über den Ort des Gleichgewichts rückwärts geführt und erlangt ein Maximum des Rückgehens; endlich geht es abermals vorwärts zu dem Orte des Gleichgewichts und es erneuern sich dann alle die vorhergegangenen Erfolge. So unterscheidet man vier *Hauptphasen* der hin und her gehenden Schwingung des Theilchens, kann aber jeden momentanen Zustand, der in einem gewissen Augenblicke statt findet, als eine bestimmte Phase auffassen. Die genauere Erörterung würde hier zu weit führen. *B.*

## Phlogiston.

Brennbares; Brennstoff; *Phlogiston*; Phlogistique; *Phlogiston*.

Die brennbaren Körper unterscheiden sich dadurch von den unverbrennlichen, daß sie bei einer gewissen, meistens höhern, Temperatur Feuer entwickeln und unter auffallender Veränderung ihres Wesens in einen unverbrennlichen Zustand übergehn. Die ältern Chemiker nahmen daher an, die brennbaren Körper enthielten ein gemeinschaftliches Princip, dem sie diese Eigenschaft verdankten und welches beim Verbrennen entwicke. Dasselbe wurde früher bald *Sulphur*, bald *Oleum* genannt, bis *Stahl*, welcher die Becher'sche Lehre von der Verbrennung vollständiger ausbildete, es als Phlogiston in die Chemie einführte. Beim Erhitzen der brennbaren Körper sollte das Phlogiston entweichen, hierdurch die Erscheinungen der Verbrennung hervorbringen und der von seinem Phlogiston befreite brennbare Körper bliebe als verbrannter Körper zurück. Hiernach sollten alle Metalle Verbindungen seyn von metallischen Erden oder Metallkalcken (unsern jetzigen Metalloxyden) und Phlogiston, daher bei ihrem Erhitzen durch Austreibung des Phlogistons Metallkalke enständen. Diese Kalke sollten durch Kohle dadurch

wieder zu Metallen reducirt werden, daß sie aus denselben, als einem an Phlogiston sehr reichen Körper, das Verlorne wieder in sich aufnehmen. Der Schwefel wurde als eine Verbindung von Schwefelsäure und Phlogiston angesehen, welche bei Verlust eines Theils des Phlogistons in schwefelige Säure und bei völliger Dephlogistisirung in Schwefelsäure übergehe.

Die Unmöglichkeit, diese hypothetische Materie für sich darzustellen, veranlaßte verschiedene Hypothesen über deren Wesen; bald sollte das Phlogiston eine Verbindung von Feuer mit einer zarten Erde seyn, bald wurde es für gebundenen Lichtstoff erklärt, bald hielt man Kohle und brennbare Luft für das fast reine Phlogiston. Als man sich gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts überzeugte, daß die Körper beim Verbrennen, wiewohl sie Phlogiston verlieren sollten, an Gewicht nicht ab-, sondern zunähmen, daß das Verbrennen nur in der Luft oder in Berührung mit Salpeter erfolge, als PRIESTLEY und SCHEELE das Sauerstoffgas entdeckten und zeigten, daß dieses der beim Verbrennen der Körper thätige Bestandtheil der Luft sey, und als endlich LAVOISIER durch genaue Messungen und Wägungen zeigte, daß die Körper beim Verbrennen gerade so viel an Gewicht zunehmen, als dabei Sauerstoffgas verschwindet, so wurde die Lehre vom Phlogiston, nachdem man vergeblich versucht hatte, sie durch mannigfache Abänderungen mit den neuern Erfahrungen in Einklang zu bringen, von der noch jetzt geltenden *antiphlogistischen Lehre* verdrängt und überall, wo man sonst annahm, daß ein Körper Phlogiston verliere oder aufnehme, nimmt man jetzt umgekehrt an, daß er Sauerstoff aufnehme oder verliere, so daß der Sauerstoff als das Entgegengesetzte vom Phlogiston angesehen werden kann <sup>1</sup>. G.

## Phoronomie.

*Phoronomia*; Phoronomie; ist ein neulateinisches, vom griechischen Worte *φέρω*, tragen, bringen, fortschaffen, abgeleitetes Wort und bezeichnet soviel als Bewegungslehre. In dieser Bedeutung ist es vorzüglich durch den Geometer JACOB HERMANN<sup>2</sup> aus Basel gebraucht und dadurch bekannt gewor-

<sup>1</sup> Vergl. *Verbrennung*.

<sup>2</sup> *Phoronomia, seu de viribus et motibus corporum solidorum et liquidorum* Libb. II. Amstel. 1716. 4.

den, in späteren Schriften aber, worin die gesammte Lehre von der Bewegung durch das Wort *Mechanik* bezeichnet wird, findet man dasselbe seltner, und es bezeichnet dann die Bewegung an sich ohne Rücksicht auf die bewegenden Kräfte. Uebereinstimmend hiermit unterscheidet KANT<sup>1</sup> die Phoronomie, „welche die Bewegung als ein reines Quantum, nach seiner Zusammensetzung, ohne alle Qualität des Beweglichen, betrachtet,“ von der Dynamik. Später wird dieser Ausdruck noch zuweilen oder auch häufig von den Naturphilosophen gebraucht, findet sich aber in eigentlichen physikalischen und mathematischen Werken selten oder nie. M.

## P h o s p h o r.

Lichtträger; *Phosphorus*; Phosphore; *Phosphorus*.

Unter Phosphor verstand man sonst im weitern Sinne einen jeden Körper, der die Eigenschaft hat, im Dunkeln zu leuchten, zu welchen dann auch der sogenannte *Harnphosphor* gezählt wurde, bis man später den Namen Phosphor fast ausschließlich für diesen beibehielt.

Die Phosphoren im weitern Sinne leuchten theils in Folge eines Verbrennungsprocesses, wie der Harnphosphor, theils ohne irgend eine chemische Aenderung<sup>2</sup>. Zu diesen gehören vorzüglich die Phosphoren durch Bestrahlung oder Insolation oder die Lichtsauger, Lichtmagnete. Die wichtigsten Lichtmagnete sind: 1) *Canton's Phosphor*, welchen man nach CANTON durch heftiges einstündiges Glühen eines Gemenges von 3 Theilen calcinirten und gepulverten Austerschalen und einem Theile Schwefel in einem Tiegel erhält, nach GROTHUSS, indem man für sich geglühte Austerschalen unverkleinert in einem Tiegel so mit Schwefelblumen schichtet, daß ihre innere Fläche nach unten zu liegen kommt und wenigstens eine Stunde lang im Windofen glüht. Wendet man bei dieser Weise von GROTHUSS statt der Schwefelblume das Pulver von Schwefelantimon oder rothem Schwefelarsenik an, so erhält man OSANN's *Antimonleuchtstein* und *Realgar - Leuchtstein*. 2) *Bononischer*

1. Metaphys. Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Vorr. p. XX.

2. Vergl. Art. *Licht* Bd. VI. 8. 236.

*Leuchtstein*, durch einstündiges Glühen eines aus eisenfreiem Schwerspathpulver und Traganthschleim bereiteten und in platte Kuchen geformten Teiges in einem Windofen zwischen kleinen Kohlen zu erhalten; 3) *Arsenikleuchtstein*, nach OSANN durch Glühen ähnlicher Kuchen, die aus arseniksaurem Baryt und Traganthschleim gebildet sind, darzustellen; 4) *Hqmburgischer Phosphor*, durch starkes Erhitzen von allem Wasser befreiten Chlorcalciums; 5) *Balduin'scher Phosphor*, durch Erhitzen entwässerten salpetersauren Kalks; 6) *Chlorophan*, ein bei Nertschinsk vorkommender, vorzüglich lebhaft leuchtender Flußspath; und die meisten Diamanten. G.

## Phosphor.

– *Urinphosphor*, *Harnphosphor*, *Kunkel'scher*, *Brandt'scher Phosphor*; *Phosphorus*; *Phosphore*; *Phosphorus*.

Ein nicht metallischer, unzerlegter Stoff, von BRANDT 1669 zufällig im Harne entdeckt. Er wird jetzt vorzüglich aus der Beinasche dargestellt, welche dem größten Theile nach aus phosphorsaurem Kalke besteht, indem man die aus derselben abgetrennte Phosphorsäure, mit Kohle gemengt, in irdenen Retorten einer starken Glühhitze aussetzt.

Der Phosphor ist blaßgelb, durchsichtig, fettglänzend, von dem specifischem Gewichte 1,70 bis 1,77, in der Kälte spröde, bei gewöhnlicher Temperatur von Wachsconsistenz, und krystallisirt aus einigen seiner Auflösungen in Oktaedern und Rhomboidaldodekaedern. Er schmilzt bei 45° bis 46° C. zu einer ölähnlichen Flüssigkeit und siedet bei 290° C. Er zeigt einen knoblauchartigen Geruch, scharfen, widerlichen Geschmack und sehr giftige Wirkungen.

Noch nicht genügend erklärt ist die Veränderung, welche der Phosphor im Lichte erleidet, welches ihn in eine braunrothe, pulverige, erst über 100° schmelzende und viel weniger leicht entzündliche Materie, in die *rothe Phosphorsubstanz*, verwandelt. Die frühere Annahme, daß diese Materie ein Oxyd des Phosphors sey, wird dadurch unwahrscheinlich, daß sie sich auch im luftleeren Raume, in Wasserstoffgas und andern Gasen bildet, die keinen Sauerstoff enthalten, kurz unter Umständen,

wo aller Sauerstoff abgehalten ist; sobald nur das Licht auf den Phosphor zu wirken Gelegenheit hat. Ob nun bei diesen Versuchen eine ganz kleine Menge Sauerstoff, die zur Bildung dieser Substanz schon hinreichend wäre, übersehen worden ist, oder ob das Licht oder ein Theil desselben durch seine Verbindung mit dem Phosphor dieselbe erzeugt, oder ob endlich das Licht aus dem Phosphor irgend eine wägbare oder unwägbare Materie entwickelt, wo dann diese Substanz zurückbliebe, ist noch zu erforschen.

Der Phosphor bildet mit dem Sauerstoff drei verschiedene Säuren.

*Die unterphosphorige Säure* (16 Phosphor nach DÜLONC auf 6, nach H. ROSK auf 4 Sauerstoff) ist nicht für sich bekannt; sie bildet mit Wasser ein syrupartiges Hydrat, welches beim Erhitzen ein nicht bei gewöhnlicher Temperatur entzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelt, und mit Salzbasen leicht im Wasser lösliche Salze, bei deren Erhitzen, da sie immer Wasser enthalten, leicht entzündliches Phosphorwasserstoffgas erzeugt wird, unter gleichzeitiger Bildung von Phosphorsäure.

*Die phosphorige Säure* (16 Phosphor auf 12 Sauerstoff) entsteht beim unvollkommenen Verbrennen des Phosphors, z. B. beim Erhitzen desselben in einer engen Glasröhre, worin nur langsamer Luftwechsel statt findet, oder in verdünnter Luft, so wie bei der langsamen Verbrennung. Diese letztere zeigt der Phosphor in Sauerstoffgas, welches sich unter dem gewöhnlichen Luftdrucke befindet, erst über  $27^{\circ}$ , aber bei um so niedrigerer Temperatur, je mehr es verdünnt wird. Gleich der Verdünnung des Sauerstoffgases durch verminderten äußern Druck wirkt dessen Ausdehnung durch Mischung mit andern Gasen, wie mit Stickgas oder Wasserstoffgas, daher zeigt der Phosphor in der atmosphärischen Luft schon über  $7^{\circ}$  die langsame Verbrennung, und Sauerstoffgas, welches sich mit dem Dampfe des Phosphors unter  $27^{\circ}$  beladen hat, leuchtet sowohl beim Ausdehnen desselben, als beim Hinzulassen von Stickgas und andern Gasen. Umgekehrt hindert das Zusammenpressen der atmosphärischen Luft die langsame Verbrennung des Phosphors bei gewöhnlicher Temperatur. Warum beim verdünnten Zustande des Sauerstoffgases der Verbrennungspunct niedriger ist, als beim verdichteten, ist übrigens noch nicht erklärt. Die langsame Verbrennung des Phosphors ist mit schwacher Licht- und Wärme-Ent-

wickelung und Bildung eines Nebels verbunden; die sich bildende phosphorige Säure verbindet sich mit dem in der Luft verbreiteten Wasserdampfe zu einem Syrup und geht durch weiteres Anziehen von Sauerstoff in ein Gemisch von phosphoriger und Phosphor-Säure über, welches einige Chemiker als eine eigenthümliche Säure, die *phosphatische* oder *Unterphosphorsäure*, betrachten. Die phosphorige Säure erscheint in wasserfreiem Zustande in zarten, weissen, leicht verdampfbaren Flocken von knoblauchartigem Geruche und stechend saurem Geschmacke. Sie bildet mit Wasser ein krystallisirbares Hydrat, welches beim Erhitzen in nicht bei gewöhnlicher Temperatur entzündliches Phosphorwasserstoffgas und in zurückbleibendes Phosphorsäure-Hydrat zerfällt. Sie zerfliesst an der Luft zu Syrup; mit Salzbasen bildet sie weniger in Wasser lösliche Salze, als die unterphosphorige Säure, welche beim Erhitzen unter Zersetzung des in ihm noch enthaltenen Wassers in phosphorsaure Salze und in Wasserstoffgas zerfallen.

Die *Phosphorsäure* (16 Phosphor auf 20 Sauerstoff) entsteht beim raschen Verbrennen des Phosphors, so wie bei seiner Oxydation durch Salpetersäure und viele andere Sauerstoffverbindungen. Die rasche Verbrennung des Phosphors in Luft oder Sauerstoffgas erfolgt unter den gewöhnlichen Umständen ungefähr bei 60°; doch kann die bei gewöhnlicher Temperatur eintretende langsame Verbrennung durch die hiermit verbundene Wärmeentwicklung unter günstigen Umständen in die rasche Verbrennung übergehen; auch entzündet sich der Phosphor bei gewöhnlicher Temperatur unter der Glocke einer Luftpumpe, wenn man ihn mit Baumwolle, Harz- oder Schwefelpulver bedeckt und die in der Glocke enthaltene Luft rasch verdünnt, eine Erscheinung, die mit der eben erwähnten Begünstigung des langsamen Verbrennens durch Verdünnung des Sauerstoffgases zusammenhängt.

Auf der raschen Verbrennung des Phosphors beruht seine Anwendung zu *Phosphorfeuerzeugen*, von denen folgende die wichtigsten sind. 1) Man bringt in ein kleines Glas ein Stück Phosphor, den man durch gelinde Wärme schmelzt und dann erkalten läßt. Beim Gebrauche drückt man ein Schwefelholz stark gegen den Phosphor, so daß sich etwas anhängt, und reibt es dann so lange auf Holz, Kork u. s. w. hin und her, bis der Phosphor durch die erzeugte Wärme entflammt wird. Bisweilen

wird auch der Phosphor in Fläschchen mit etwas Schwefel oder Kampher zusammengeschmolzen, wobei jedoch die Unbequemlichkeit des Reibens bleibt. — 2) Man erhitzt den im Fläschchen enthaltenen, möglichst trocknen Phosphor über seinen Schmelzpunkt hinaus, bläst mit einem Lëthrohre wiederholt Luft hinein, wobei lebhaftere Entzündung eintritt, und schüttelt den Phosphor nach jedesmaligem Einblasen. Es bilden sich hierbei, neben etwas rother Phosphorsubstanz, die nichts zur leichtern Entzündung beitragen kann, weisse Flocken, wahrscheinlich von unterphosphoriger und phosphoriger Säure, welche, dem unveränderten Phosphor beigemischt, dessen Entzündung bei gewöhnlicher Temperatur bewirken, weil sie durch schnelles Anziehen von Feuchtigkeit aus der Luft Temperaturerhöhung veranlassen, und vielleicht zugleich, weil die trockne unterphosphorige Säure (die man sonst für sich nicht kennt) schon bei gewöhnlicher Temperatur entzündlich ist. Wiederholtes Umrühren des Phosphors mit einem erhitzten Drahte hat eine ähnliche Wirkung, wie das Hineinblasen von Luft. Ein Schwefelholz gegen den so veränderten Phosphor gedrückt entzündet sich augenblicklich beim Herausziehen. Ein solches Feterzeug hält sich, wenn man durch sorgfältiges schnelles Verschließen mit einem guten Stöpsel (der, wenn er von Glas ist, mit Talg bestrichen seyn muß) die Feuchtigkeit der Luft möglichst abhält, gegen ein Jahr. 3) Auch kann man in einer Flasche feingepulverten, frischgebrannten Kalk oder frischgebrannte Bittererde mit etwas Phosphor unter öfterm Schütteln erhitzen, bis sich ein gelbes pulveriges Gemenge gebildet hat, welches sich dann an das Schwefelholz hängt und bei der Berührung mit der Luft sogleich entzündet. 4) Auch die *Turiner Kerzen* gehören hierher. In das zugeschmolzene Ende einer 3 bis 5 Zoll langen und 1 bis 2 Linien breiten Glasröhre bringt man ein Körnchen trocknen Phosphor, worauf man den mit Wachöl oder Nelkenöl befeuchteten und mit Schwefelblumen bestreuten Docht einer dünnen Wachskerze bis zum Phosphor schiebt, dann den Phosphor bis zum Schmelzen erwärmt, das andre Ende zuschmelzt und die Röhre einen Zoll unter dem Phosphor mit einem Feilstriche versieht; beim Gebrauche zerbricht man die Röhre an dem Feilstriche, reibt den Docht mit dem Phosphor einigemal in der Röhre hin und her und zieht ihn dann heraus, worauf Entzündung eintritt. Wie viel Umstände, um einmal

Fener zu haben! Ueberhaupt haben alle Phosphorfenerzeuge die zwei Uebelstände, daß sie beim Gebrauche einen unangenehmen Geruch verbreiten und daß beim Verbrennen des Phosphors die nicht verdampfbare und leicht schmelzbare Phosphorsäure entsteht, die den durch den Phosphor zu entzündenden brennbaren Körper leicht so überzieht, daß sich die Entzündung nicht auf ihn fortpflanzt.

Die wasserfreie Phosphorsäure, wie man sie durch Verbrennen des Phosphors in trockner Luft erhält, erscheint in weißen Flocken in der Rothglühhitze schmelzend, in der Weißglühhitze verdampfend, geruchlos und von starksaurem Geschmacke. Sie bildet mit wenig Wasser ein glasähnliches, leicht schmelz- und verdampfbares Hydrat, krystallisirt mit mehr Wasser in wasserhellen Säulen und löst sich in noch mehr mit größter Leichtigkeit zu einer je nach dem Verhältnisse syrupartigen oder dünnen Flüssigkeit. Die Verbindungen der Phosphorsäure mit Salzbasen schmelzen in der Glühhitze verschieden leicht, größtentheils ohne weitere Veränderung; nur wenige lösen sich in Wasser, außer bei Ueberschuß von Phosphorsäure; dagegen sind sie alle in Salpetersäure löslich. Die Phosphorsäure erleidet sowohl für sich, als auch in einigen ihrer Salze durch das Glühen eine besondere Modification; z. B. schlägt sie erst nach dem Glühen und Wiederauflösen in Wasser den Eiweißstoff nieder, und das geglühte phosphorsaure Natron krystallisirt anders als das nicht geglühte u. s. w. Man unterscheidet deshalb von der gewöhnlichen Phosphorsäure die *Pyro-Phosphorsäure* oder besser *Glüh-Phosphorsäure*.

Mit dem Wasserstoff bildet der Phosphor zwei Arten von *Phosphorwasserstoffgas*, die sich dadurch unterscheiden, daß das eine unter den gewöhnlichen Umständen sich schon bei mittlerer Temperatur an der Luft entzündet, das andere erst bei höherer. Das leichter entzündliche, welches auf 16 Phosphor nach DÜMAS 1, nach H. ROSE  $1\frac{1}{2}$  Wasserstoff hält, wird vorzüglich durch Zusammenbringen von Phosphorcalcium mit Wasser, durch Erhitzen von Phosphor mit Wasser und einem fixen Alkali und durch Erhitzen unterphosphorigsaurer Salze dargestellt. Sein specifisches Gewicht ist nach DÜMAS = 1,761, nach H. ROSE = 1,147. Es ist farblos, riecht widrig nach faulen Fischen, verbrennt an der Luft mit lebhafter Flamme, in Berührung mit Sauerstoffgas unter heftiger Verpuffung zu Phosphor-



säure und Wasser, wird nur sehr wenig von Wasser verschluckt und geht, dem Ammoniak analog, mit Hydriodsäure, Hydrobromsäure und einigen Chlor- und Brom-Metallen feste Verbindungen ein.

Das schwieriger entzündliche Phosphorwasserstoffgas enthält auf 16 Phosphor sowohl nach DÜMAS als nach H. ROSE 14 Wasserstoff (sofern nach Letzterm beide Gase, abweichender Eigenschaften ungeachtet, nach demselben Verhältnisse zusammengesetzt sind, analog der gewöhnlichen und der Glüh-Phosphorsäure). Es entwickelt sich beim Erhitzen des Hydrats der unterphosphorigen Säure und entzündet sich in Berührung mit Luft und Sauerstoffgas bloß in der Hitze, ausser wenn man den Luftdruck vermindert, so daß, wenn man dieses Gas in einer mit Quecksilber-gefüllten, geneigten Röhre mit Sauerstoffgas mengt und dann die Röhre aufrecht stellt, mit dem hierdurch verminderten Luftdrucke Entzündung und meist Zerschmetterung der Glasröhre erfolgt, was mit dem leichtern Verbrennen des Phosphors in verdünntem Sauerstoffgas zusammenhängt.

Der Phosphor entzündet sich bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas und verbrennt, je nach dem Verhältnisse zu *Andershalb-* oder zu *Dritthalb-Chlorphosphor*. Der erstere (16 Phosphor auf 54 Chlor) ist eine dünne, wasserhelle Flüssigkeit von dem specifischem Gewichte 1,45, bei 78° C. siedend, die in Berührung mit Wasser in Salzsäure und phosphorige Säure zerfällt. Der letztere (16 Phosphor auf 90 Chlor) erscheint als eine weisse, krystallinische, leicht verdampfbare Materie und zersetzt sich mit Wasser schnell und unter lebhafter Erhitzung in Salzsäure und Phosphorsäure. Die Verbindung des Phosphors mit *Jod* erfolgt unter starker Wärmeentwicklung zu einer schwarzen oder bei überschüssigem Phosphor braungelben, schmelzbaren Masse, die durch Wasser in Hydriodsäure und phosphorige Säure zersetzt wird. Der *Selenphosphor* ist dunkelbraun. Um den *Schwefelphosphor* zu bereiten, erwärmt man gelinde Phosphor mit Schwefelblumen; da die Verbindung unter Feuerentwicklung erfolgt, wodurch ein Theil der Masse aus dem Gefässe geschleudert werden kann, so vereinigt man im Anfange nur kleine Mengen und überladet dann die entstandene Verbindung allmählig und abwechselnd mit Phosphor und mit Schwefel. Der Schwefelphosphor ist bläsgelb, durchsichtig oder trübe, bei ungefähr gleichem Verhältnisse beider Bestandtheile schon

bei 0° oder etwas darüber flüssig und ziemlich leicht durch Reiben entzündbar. Auch löst sich der Phosphor schnell schon in  $\frac{1}{4}$  seines Gewichtes Schwefelkohlenstoff zu einer farblosen Flüssigkeit, welche damit befeuchtetes und der Luft dargebotenes Papier in einigen Minuten entzündet. Mit den Metallen vereinigt sich der Phosphor in der Hitze zum Theil unter lebhafter Feuerentwicklung. Die Verbindungen des Phosphors mit Alkalimetallen sind braun, die übrigen sind meistens metallglänzend. Erstere zersetzen sich mit Wasser in Alkali und Phosphorwasserstoffgas; fast alle verbrennen beim Erhitzen an der Luft mit lebhaftem Lichte zu phosphorsaurem Metalloxyd.

G.

## Photometer.

*Photometrum; Photomètre; Photometer;* (von  $\phi\acute{\omega}\varsigma$ , das Licht) ist ein Instrument zur Abmessung der Intensität des Lichtes oder der Erleuchtung.

Da das Auge nicht die Fähigkeit besitzt, ungleiche Grade der Erleuchtung oder des Lichtes gegen einander zu vergleichen, auch nicht die nach einander beobachteten Intensitäten von Licht mit Sicherheit als gleich oder ungleich, sobald es auf geringe Unterschiede ankommt, zu bestimmen, so ist zu einer genauen photometrischen Vergleichung fast durchaus erforderlich, daß man die erleuchteten oder leuchtenden Gegenstände so anordne, daß sie gleichzeitig, oder wenigstens sogleich nach einander, beobachtet werden und daß sie unter Umständen beobachtet werden, wo sie als gleich erscheinen.

In Beziehung auf Erleuchtung ist das hierzu von BOUGUER, LAMBERT und nachher von RUMFORD vorgeschlagene Verfahren zweckmäßig. Wenn man die Erleuchtung einer gewissen Fläche messen will, so muß man daneben die Erleuchtung eines Lichtes, das man als Maß anzuwenden gewohnt ist, statt finden lassen und dieses nach und nach in andre Entfernungen bringen, bis man die durch dieses bewirkte Erleuchtung jener Erleuchtung gleich findet; dann kann man die abzumessende Erleuchtung mit einem zureichenden Grade von Genauigkeit bestimmen, z. B. als so groß, wie die Erleuchtung durch die Flamme eines Wachlichtes von bestimmter Art, das aus zwei Fuß Entfernung seine Strahlen senkrecht auf die erleuchtete Ebene fallen läßt.

Die von LAMBERT angegebene Anordnung, um diese Vergleichung anzustellen, besteht darin, daß man die von zwei Lichtern geworfenen Schatten auf einer Fläche weißem Papiers aufhängt. Es sey CD eine verticale, mit gleichförmig weißem Papiere überzogene Ebene, vor welcher ein schmaler Körper S aufgestellt ist. Wird nun in einem dunkeln Zimmer zuerst nur in L dasjenige Licht, dessen erleuchtende Wirkung man bestimmen will, angebracht, so wirft der Körper S einen Schatten nach B, so daß dahin von L kein Licht gelangt; stellt man hierauf ein zweites Licht in l auf, welches einen Schatten des Körpers S in A hervorbringt, so erkennt man leicht, ob der Schatten A oder B dunkler ist, und wenn l die in allen ähnlichen Fällen angewandte Lichtflamme ist, so muß man durch Annäherung oder Entfernung derselben die Gleichheit beider Schatten hervorzubringen suchen. Wenn diese erreicht ist, so hat man bewirkt, daß der Schatten B, in welchen bloß vom Lichte l Lichtstrahlen gelangen, eben so stark erleuchtet ist, als der Schatten A, welcher bloß von L Erleuchtung erhält, und wenn beide Lichter L und l ihre Strahlen sehr nahe senkrecht auf jene Fläche fallen lassen, so ergibt die Entfernung des zum Maße dienenden Lichtes l die Bestimmung der Erleuchtung, indem es in 10 Fuß Entfernung nur  $\frac{1}{4}$  der Erleuchtung wie in 5 Fuß Entfernung, in 15 Fuß Entfernung nur  $\frac{1}{9}$  der Erleuchtung wie in 5 Fuß Entfernung u. s. w. bewirkt. Bei der Anwendung dieses Photometers, das gewöhnlich unter RUMFORD's Namen angeführt wird, obgleich LAMBERT sich schon einer gleichen Methode bediente, dürfen die Lichtflammen nicht allzu nahe stehn, damit nicht der den eigentlichen Schatten umgebende Halbschatten eine Unsicherheit hervorbringe. Um die Gleichheit der Erleuchtung mit Sicherheit wahrzunehmen, müssen die Erleuchtungen gleichfarbig seyn, indem sonst das Urtheil des Auges nicht mehr die gehörige Sicherheit über die Gleichheit der Erleuchtung behält. Indess kann man in jedem Falle die Grenze der Sicherheit dadurch finden, daß man l so nahe heranrückt, daß die von diesem Lichte bewirkte Erleuchtung als ein wenig zu stark erkannt wird, und daß man l so weit entfernt, bis man einen geringen Vorzug der andern Erleuchtung bemerkt; je geringer der bei diesem doppelten Versuche gefundene Unterschied der Entfernung ist, desto zuverlässiger ist das Urtheil des Auges über die Gleichheit der Erleuchtung.

Fig.  
63.

Auf ganz ähnlichen Principien beruht die von BOUGUER vorgeschlagene Lichtmessung, wo man zwei Flächen von vollkommen gleichem weißem Papiere und auch von gleicher Größe so aufstellt, daß die eine von dem Lichte erleuchtet wird, dessen Lichtstärke man bestimmen will, die andre von dem Lichte, das man als Maß zur Vergleichung anwendet. Das letztere wird genähert oder entfernt, bis man beide Erleuchtungen als gleich erkennt, und aus den verschiedenen Entfernungen, die der einen oder andern Beleuchtung entsprechen, wird die Vergleichung eben so, wie vorhin, abgeleitet<sup>1</sup>. Eine dieser von BOUGUER vorgeschlagenen ähnliche Vorrichtung giebt PORTER<sup>2</sup> an. Zwei Scheiben aus dünnem Papiere werden von der Hinterseite erleuchtet, und da ein gegen ihre Ebene senkrechter Schirm sich von ihnen bis zu den Lichtern erstreckt, diese aber sich an verschiedenen Seiten des Schirmes befinden, so erhält jede der beiden Papierflächen nur von einem Lichte her Erleuchtung. Die zur Erleuchtung dienenden Lichtflammen oder andern Erleuchtungsmittel können durch angebrachte Schrauben mit ihren Unterlagen leise fortgerückt werden, bis das Auge die Erleuchtung als gleich erkennt.

RITCHIE hat diese Vergleichung der Erleuchtung bei seinem Photometer noch bequemer gemacht. Man nimmt zwei aus demselben Spiegel geschnittene ganz gleiche quadratische Spiegelscheiben AB, AC und stellt sie in dem Kasten DE, unter 45<sup>64</sup> Graden geneigt gegen die Grundfläche, auf. Bei AF, AG sind zwei nur durch einen schmalen, undurchsichtigen Streifen getrennte Flächen von durchscheinendem Zeuge oder geblätem Papiere. Will man nun die Erleuchtung abmessen, die von irgend einem Lichte hervorgebracht wird, so stellt man dieses Licht der einen Oeffnung E des Kastens gegenüber, an der andern Seite dagegen wird das zur Vergleichung dienende Licht in einer solchen Entfernung aufgestellt, daß die Erleuchtung beider Flächen AF, AG als gleich erscheint. Der Kasten ist inwendig geschwärzt, damit nur das vom Spiegel reflectirte Licht die Erleuchtung bewirke, und der Versuch muß im dunkeln Zimmer angestellt werden.

Diese Photometer beziehen sich auf die Wahrnehmung glei-

1 PAINTELEY Gesch. d. Optik. S. 295. 304.

2 Brewster's Journ. of Science. New Ser. T. III. p. 284.

cher Erleuchtung; aber auch zu Vergleichung der Lichtstärke, sofern sie sich als gesammter Eindruck auf das Auge wahrnehmen läßt, hat man Photometer angegeben. Dahin gehört WOLLASTON's Vorschlag, das Sonnenlicht von einer kleinen spiegelnden Glaskugel zurückwerfen zu lassen und dieses Bild, mit bloßem Auge oder mit dem Fernrohre gesehn, mit dem Bilde einer Lichtflamme zu vergleichen. Das Bild der in einer kleinen Glaskugel gespiegelten Lichtflamme soll man, nach WOLLASTON's Anleitung, mit dem einen Auge durch eine Linse von 2 Zoll Brennweite betrachten, während man mit dem andern Auge durch ein Fernrohr nach dem Sonnenbilde in der entfernter stehenden kleinen Kugel sieht. WOLLASTON's Zweck bei diesen Vergleichen war vorzüglich, den gesammten Glanz eines Sternes mit dem der Sonne zu vergleichen, und zu diesem Zwecke mußte man am Tage den Eindruck des Bildes der Lichtflamme dem des Sonnenbildes gleich zu machen suchen und dann am Abend den Eindruck der im Kugelspiegel gesehenen Lichtflamme mit dem direct gesehenen Sterne vergleichen. Be-

findet sich die Kugel vom Durchmesser  $= B$  in der Entfernung  $= D$  vom Auge, so drückt  $\frac{1}{4} \frac{B}{D}$  verhältnißmäßig den schein-

baren Durchmesser des Sonnenbildes aus und der gesammte

Eindruck des reflectirten Lichtes ist der Größe  $\left(\frac{B}{4D}\right)^2$  pro-

portional, wenn man den scheinbaren Durchmesser der Sonne

immer als gleich annimmt. Bringt man nun die Lichtflamme in

verschiedene Entfernungen  $= d$ , bedient sich aber immer der-

selben Kugel und läßt das Auge dieselbe Stellung einnehmen,

so verhält sich der gesammte Glanz des Bildes der Flamme

wie  $\frac{1}{d^2}$ . Gesetzt also das Sonnenbild sey gleich dem Bilde der

in der Entfernung  $= d$  aufgestellten Flamme, der Stern gleich

dem Bilde der in der Entfernung  $= \delta$  aufgestellten Flamme, so

ist das Licht des Sternes  $= \frac{B^2 \cdot d^2}{16 D^2 \cdot \delta^2}$ , wenn das Licht der Sonne

$= 1$  ist. Nach einigen Versuchen nahm WOLLASTON an, das

Licht des Sirius gleiche einem Sonnenbilde in einer Kugel von

0,1 Zoll Durchmesser gespiegelt und in 210 Fuß Entfernung ge-

sehn; dies würde das Licht des Sirius  $= \frac{0,01}{16 \cdot 2520^2} = \frac{1}{1016000000}$

(weil 210 Fufs = 2520 Zoll sind) geben, oder wenn man annimmt, daß nur die Hälfte des Lichts reflectirt wird, so ist das Licht des Sirius so schwach, daß 20000 Millionen Sterne wie Sirius erst die Sonne ersetzen würden. Die Sonne würde zu einer 140000maligen Entfernung hinaus rücken müssen, um so lichtschwach zu erscheinen<sup>1</sup>.

Es verdiente wohl eine nähere Prüfung, in welchem Grade übereinstimmend wiederholte Versuche dieser Art ausfallen; daß man keine so sehr große Genauigkeit von dieser Methode erwarten darf, ist ziemlich einleuchtend, und WOLLASTON'S Versuche scheinen dieses auch zu beweisen. Wie man den Spiegel des Heliotrops einigermaßen zu dem Zwecke, das Sonnenlicht mit dem Kerzenlichte zu vergleichen, anwenden kann, habe ich im Art. *Heliotrop* angedeutet.

Um den Glanz verschiedener Sterne mit einander zu vergleichen, hat HRSCHTEL die Methode angewandt, durch zwei ganz gleiche, neben einander aufgestellte Teleskope abwechselnd zu beobachten. Man verkleinerte die Oeffnung desjenigen Teleskops, in welchem der größere Stern beobachtet wurde, bis sein Licht so geschwächt erschien, daß man ihn dem kleinern, im andern Fernrohre beobachteten Sterne gleich schätzte. Da man dann aus dem Verhältnisse der beiden Durchmesser der bei den Beobachtungen angewandten Oeffnungen der Fernrohre das Verhältniß des von ihnen zu einem Bilde vereinigten Lichtes kannte, so ergab sich eine Vergleichung der Lichtstärke beider Sterne.

Wo es bloß auf eine schärfere Vergleichung der Gleichheit des Lichtes ankommt, da können Verdunkelungsgläser von ungleichem Grade der Durchsichtigkeit dienen; zwei Sterne, die durch dasselbe Glas nur noch allenfalls gesehen werden können, sind gleich hell. Diese Vergleichung setzt indess, wenn die Beobachtungen nicht unmittelbar nach einander angestellt werden, einen gleichen Zustand des Auges und der Luft voraus, und wenn man sich gefärbter Gläser bedient, möchte auch wohl ein etwas ungleichfarbiges Licht zweier Sterne nicht ganz gleich durchgelassen werden. Das von LAMPANIUS vorgeschlagene Photometer giebt zwar Abstufungen des Lichts an, jedoch nicht eigentlich in verhältnißmäßigen Gradationen. Es besteht aus

---

<sup>1</sup> Poggend. Ann. XVI. 328.

Hornscheiben, deren mehrere hinter einander gestellt werden, bis der leuchtende Gegenstand unsichtbar wird, und statt der Hornscheiben kann man sich auch anderer ähnlicher Körper bedienen. Ginge nun in jeder Scheibe ein gleicher Antheil des noch übrigen Lichtes verloren, so könnte die ungleiche Anzahl der Scheiben in verschiedenen Fällen als ein wirkliches Maß des Lichtes dienen; aber bei der Ungleichheit der Hornscheiben ist einer solchen Rechnung nicht sehr streng zu trauen, und selbst über den immer gleichmäßigen Lichtverlust bei dem Durchgange durch jede Hornscheibe müßten noch erst genauere Versuche angestellt werden, da es ziemlich sicher ist, daß die später erreichten Scheiben nicht in eben dem Maße, wie die ersten, das Licht schwächen. LAMPADIUS fand bei seinen Versuchen, daß 80 Hornscheiben ausreichten, die Sonne zu verdecken; daß ungefähr 60 bis 65 Hornscheiben das Licht des heitern Himmels, selbst bei der heitersten Luft, nicht mehr erkennen ließen, daß eine Talglichtflamme 36 Scheiben, der in Sauerstoffgas brennende Phosphor 98 Scheiben forderte, um unsichtbar zu werden<sup>1</sup>. Genauere Untersuchungen, wie hier die wahre Lichtstärke mit der Anzahl der Scheiben in Verbindung steht, scheinen nicht angestellt worden zu seyn.

Wie das von LESLIE angegebene Photometer, welches eigentlich ein Differentialthermometer ist und die Lichtstärke nur mittelbar durch die erregte Wärme angiebt, eingerichtet ist, giebt der Art. *Differentialthermometer* an. Ich bemerke daher hier nur, daß nach LESLIE's Versuchen die Wirkung einer Lichtflamme auf dieses Instrument den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional gefunden wurde. Hiernach berechnet er, da in 2 Zoll Entfernung die Wirkung einer Lichtflamme 6 Grade betrug, daß diese in 4 Fuß Entfernung nur  $\frac{1}{16}$  Gr. betragen würde; aber in 4 Fuß Entfernung ist die scheinbare Größe der Lichtflamme der scheinbaren Größe der Sonne gleich, und da das nicht durch die Atmosphäre geschwächte Sonnenlicht das Photometer um 125 Gr. würde steigen machen, so ist das Sonnenlicht 12000 mal so stark, als das Licht jener Wachskerze, d. h., sagt LESLIE, ein Theilchen der Sonne von kaum  $\frac{1}{4}$  Zoll Durchmesser würde so viel Licht

1 LAMPADIUS Beiträge zur Atmosphärologia. Freiberg 1817. S. 164. und Schweigg. Journ. XI. 361.

verbreiten, als 12000 Wachskerzen<sup>1</sup>. WOLLASTON's und BOUGUER's Versuche geben das Sonnenlicht noch stärker an, indem 5500 Kerzenflammen in 1 Fuß Entfernung dem Sonnenlichte gleich erleuchten sollen, eine Bestimmung, die aus der Gleichheit der Schatten hergeleitet ist<sup>2</sup>. BÖCKMANN rühmt die große Empfindlichkeit dieses Leslie'schen Photometers, konnte aber bei mehrern Instrumenten keine vollkommene Uebereinstimmung erhalten<sup>3</sup>.

RITCHIE hat dieses Photometer wesentlich vervollkommenet. Er drückt den Grundsatz, auf dem es beruht, so aus, daß gleiche Volumina Luft durch gleiche Lichtmengen, die durch die Absorption an schwarzen Flächen Wärme hervorbringen, gleich stark ausgedehnt werden. Statt der Kugeln auf dem Differentialthermometer LESLIE's bringt er zwei niedrige, aber weite Cylinder von Zinnblech an (von wenigstens 2 Zoll Durchmesser und 0,25 Zoll Höhe, aber lieber von 10 bis 12 Zoll Durchmesser und etwa 1 Zoll Höhe), die an der hintern Seite durch eine kreisförmige zinnerne Bodenplatte geschlossen sind, an der vordern Seite aber durch ein sehr dünnes und gleichförmiges, vollkommen durchsichtiges Glas das Licht einlassen. In der Mitte des Cylinders ist eine Kreisscheibe von geschwärztem Papiere den Lichtstrahlen, die durch das Glas einfallen, ausgesetzt. Die beiden Cylinder sind so an einander befestigt, daß die Glasflächen nach entgegengesetzten Richtungen gekehrt sind, und stehn, während sie sonst überall vollkommen luftdicht sind, mit einer gekrümmten Glasröhre so wie die Kugeln des Leslie'schen Differentialthermometers in Verbindung. Die Röhre, deren beide an die Cylinder sich anschließende Enden erweitert sind<sup>4</sup>, enthalten etwas gefärbte Schwefelsäure, und es ist offenbar, daß diese von der Seite mehr weggetrieben wird, wo die Erwärmung der Luft in den Cylindern die Expansivkraft der Luft verstärkt. Um zu prüfen, ob beide Cylinder in Hin-

---

1 LESLIE's kurze Nachricht von Vers. und Instr., die sich auf das Verhalten der Luft zur Wärme beziehen. Uebers. von Brandes. Leips. 1823. S. 66.

2 Poggend. XVI. 380.

3 G. X. 369.

4 Dieses nur deswegen, damit die vielleicht einmal sehr nach dem einen Ende getriebene Flüssigkeit nicht sogleich in den Zinn-cylinder eintrete.



sicht auf die Durchlassung des Lichts durch das Glas und auf die Erwärmung durch das schwarze Papier ganz gleich sind, stellt man das Instrument zwischen zwei Lichtern auf und verschiebt es zwischen den Lichtern, bis die Flüssigkeit genau die Stellung einnimmt, die sie vor dem Versuche einnahm; dieses ist die Stellung, wo beide Lichter *gleiche* Wirkung hervorbringen. Man dreht nun das Instrument um, ohne es dem einen oder dem andern Lichte zu nähern, und da sonach die Einwirkung der Lichter auf beide Cylinder vertauscht ist, so sind diese einander gleich, wenn auch jetzt noch die Flüssigkeit in eben dem Stande verharret.

Die Anwendung des Instruments ist verschieden von der von LESLIE angegebenen. Es wird nämlich nicht blos die eine Seite dem zu prüfenden Lichte ausgesetzt, sondern auch der andern Seite ein als Maß dienendes Licht gegenübergestellt. Man sucht dann die Entfernung des zweiten Lichtes, bei welcher die Flüssigkeit die Stellung behält, die sie vor dem Versuche hatte oder die bei gleicher Erwärmung an beiden Seiten statt fand. Dafs so, wenn man immer dieselbe Lichtflamme, in verschiedener Entfernung aufgestellt, als Vergleichungsmittel anwendet, Grade der Einwirkung, also Grade des Lichtes, bestimmt werden, läfst sich leicht einsehn.

Das Instrument ist bei zureichender Gröfse so empfindlich, dafs eine 30 Fufs entfernt der einen Glasscheibe gegenüber aufgestellte Lichtflamme es schon zum Steigen bringt. Bringt man vier Lichtflammen in der einfachen und eine Lichtflamme in der halben Entfernung den entgegengesetzten Glasscheiben gegenüber an, so bleibt die Stellung der Flüssigkeit ungeändert. Stellt man zwei Gasflammen, die bekannte Gasmengen in gleichen Zeiten verzehren, den beiden Cylindern so gegenüber, dafs die Einwirkung von beiden Seiten gleich ist, so findet man, dafs die verzehrten Gasmengen den Quadraten der Abstände proportional sind. Wendet man die beiden Glasscheiben nach entgegengesetzten Puncten des Himmels, so ergiebt sich der Unterschied des von diesen Gegenden der Atmosphäre reflectirten Lichtes. Dafs man jede andre von der einen Seite her einwirkende Erwärmung sorgfältig vermeiden müsse, versteht sich von selbst. Damit aber nicht seitwärts stehende Gegenstände, die nicht auf die Glasscheibe Lichtstrahlen oder Wärmestrahlen senden, sondern blos auf die Seiten des Zinncylinders oder auf den undurchsich-

tigen Boden, nachtheilig erwärmend einwirken, sind die Zinnplatten vollkommen polirt und werfen daher fast alle seitwärts zudringende Wärme zurück<sup>1</sup>. B.

## P h o t o m e t r i e.

*Photometria; Photométrie; Photometry.* Die Lehre von der Abmessung des Lichtes.

Einzelne Versuche, Vergleichenngen über die Stärke des Lichtes zu erhalten, sind schon in ziemlich früher Zeit angestellt worden, indem z. B. HUYGHENS das Licht des Sirius mit dem Lichte der Sonne zu vergleichen suchte und AUZOUT die Erleuchtung durch die Sonne, wie sie auf andern Planeten statt finde, darstellte. HUYGHENS bediente sich zu jener Vergleichung eines Rohres, dessen kleine, mit einem mikroskopischen Glaskügelchen versehene Oeffnung nur den 27664sten Theil der Sonnenscheibe zeigte; da die Sonne dann dem Sirius gleich erschien, so gründete er auf diesen Versuch Schlüsse über die Entfernung des Sirius. AUZOUT wandte seine grossen Objectivgläser dazu an, weisse Flächen ungleich stark zu erleuchten, und indem er diese Erleuchtung derjenigen gleich machte, die der Entfernung des Mercurius oder des Saturn von der Sonne entsprechen müßte, suchte er die Erleuchtung dieser Planeten durch die Sonne nachzubilden. CELSIUS ist wohl der erste, der unter dem Namen *Lucimeter* ein freilich sehr unvollkommenes Mittel, die Erleuchtung zu messen, angab. Er hatte nämlich feine Kreise aufgezeichnet und bestimmte die Entfernung des Auges, in welcher diese bei ungleicher Stellung des erleuchtenden Lichtes noch deutlich gesehn wurden<sup>2</sup>. Dieses Photometer giebt zwar einige merkwürdige Vergleichenngen zwischen Erleuchtung und der zum deutlichen Erkennen nöthigen Stellung des Auges, es ist aber keineswegs für ein eigentliches Photometer anzusehn. Eben das gilt von NICOL's Photometer, das genau auf eben der Anordnung beruht<sup>3</sup>.

BOUGUER hat zuerst die Photometrie recht eigentlich wissenschaftlich zu behandeln angefangen. MAIRAN's Bemerkun-

1 Phil. Trans. 1825. p. 141.

2 Hist. de l'Acad. de Paris 1735. p. 7.

3 Annales de Chim. et Phys. III. 102.

gen über das Verhältniß der Stärke des Sonnenlichtes am längsten und kürzesten Tage veranlaßten ihn, diesen Gegenstand vorzunehmen, und er stellte seine Untersuchungen zuerst in einem kleinen Werke<sup>1</sup> und nachher in einer größern Vollständigkeit in seinem *Traité d'optique sur la gradation de la lumière* dar, welches Werk erst 1760 nach des Verfassers Tode von LACAILLE herausgegeben wurde. Um eben die Zeit erschien LAMBERT's *photometria, sive de mensura luminis, colorum et umbras* (Augustae Vindel. 1760), ein Buch, das die Photometrie sehr vollständig und mit der vollkommensten mathematischen Schärfe und Eleganz abhandelt.

Dieses Buch enthält systematisch fast alle wichtige Gegenstände, die in der Photometrie betrachtet werden müssen. LAMBERT redet nämlich zuerst von der Erleuchtung durch geradlinig fortgehende Lichtstrahlen und lehrt, wie man sich von den Hauptsätzen überzeugen kann, daß die Erleuchtung sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung und wie der Sinus des Einfallswinkels gegen die erleuchtete Ebene verhält, ferner daß die Erleuchtungskraft und die Erleuchtung selbst nach Verhältniß des Sinus des Emanationswinkels abnimmt<sup>2</sup>. Diese Principien werden dann auf einzelne Fälle, wo die Erleuchtung durch Körper oder Flächen von bestimmter Figur bewirkt wird, angewandt. Die zweite Abtheilung handelt von dem durch transparente Körper durchgelassenen Lichte und LAMBERT sucht hier zu bestimmen, wieviel Licht an der ersten Oberfläche, wieviel an der zweiten Oberfläche durch Zurückwerfung verloren geht und wieviel endlich durch die unvollkommene Undurchsichtigkeit des Glases aufgehalten wird<sup>3</sup>. Die Anwendung auf das durch Linsengläser durchgehende Licht und auf die Erleuchtung, welche jenseit derselben durch ein in bestimmter Entfernung aufgestelltes Licht hervorgebracht wird, schließt sich hieran an. Der dritte Theil handelt von der Zurückwerfung von undurchsichtigen Körpern, vorzüglich von Spiegeln. Die Quantität des hier zurückgeworfenen Lichtes wird durch Vergleichung der hervorgebrachten Erleuchtung bestimmt und auch für Körper, die keine Spiegel sind, wird die Menge des

1 Essai d'optique. Paris 1729.

2 S. Art. Erleuchtung Bd. III. S. 1146.

3 S. die Art. Durchsichtigkeit und Zurückwerfung des Lichtes.

wirklich zurückgeworfenen Lichtes mit der Lichtmenge, welche die Fläche erhält, verglichen und dadurch die Weisse (*albedo*) der Fläche bestimmt<sup>1</sup>. Der vierte Theil beschäftigt sich mit dem Eindrucke auf das Auge oder mit dem scheinbaren Glanze. Hier wird die Erleuchtung bestimmt, welche das im Auge dargestellte Bild des Gegenstandes erhält. Wenn man von dem Verluste an Licht, den die unvollkommene Durchsichtigkeit der Feuchtigkeiten im Auge und den die Zurückwerfung an den Oberflächen hervorbringt, absieht, so ist jene Erleuchtung theils dem absoluten Glanze des Gegenstandes, theils der Größe der Oeffnung der Pupille proportional. Hierauf gründet sich der Satz, daß die *gesehene Helligkeit*, die scheinbare Intensität des Lichtes, nicht von dem Abstände des leuchtenden Körpers abhängt<sup>2</sup>. Der fünfte Theil handelt von der Schwächung des Lichts in der Atmosphäre, von dem Grade der Erleuchtung, den die Atmosphäre selbst hierdurch erlangt, oder der Helligkeit, mit welcher sie selbst wieder die Erde erleuchtet; endlich von der Erleuchtung, die uns durch die Dämmerung zu Theil wird<sup>3</sup>. Der sechste Theil ist einer Anwendung auf die Erleuchtung des Mondes durch die Sonne und der Venus durch die Sonne gewidmet. Es wird sodann die Erleuchtung, welche die Erde vom Monde empfängt, mit der, welche sie von der Sonne erhält, verglichen<sup>4</sup> und die Zeit des größten Glanzes der Venus bestimmt<sup>5</sup>; endlich wird gezeigt, wie Beobachtungen eines Planeten, der einem Fixsterne gleich erscheint, zu Vergleichen des Glanzes der Fixsterne mit dem der Sonne führen. Der siebente Theil ist der Vergleichung des von farbigen Körpern ausgehenden Lichtes gewidmet, und endlich wird noch kurz von der Erleuchtung gehandelt, die durch den Glanz des Himmels in denjenigen Gegenden einer Fläche statt findet, welche in Beziehung auf die Sonne beschattet sind.

Diese Inhalts-Anzeige giebt ungefähr eine vollständige Uebersicht aller hierher gehörigen Lehren. Mehrere derselben

1 S. Art. *Erleuchtung* Bd. III. S. 1566. und Art. *Zurückwerfung des Lichtes*.

2 S. Art. *Licht* Bd. VI. S. 284.

3 S. Art. *Dämmerung* Bd. II. S. 277.

4 S. Art. *Erleuchtung* Bd. III. S. 1161.

5 S. Art. *Venus*.

sind auch von BOUVEN sehr vollständig erklärt und durch Versuche theils begründet, theils erläutert worden, namentlich die Lehre von der Zurückwerfung des Lichtes, welche an undurchsichtigen und durchsichtigen Körpern, an spiegelnden und nicht spiegelnden Oberflächen statt findet u. s. w.

In neuerer Zeit sind die Versuche über manche der erwähnten Gegenstände wiederholt und vervollständigt worden. Namentlich hat RUMFORD Versuche über die Erleuchtung durch unsere gewöhnlichen Lichtflammen angestellt und ihre Lichtstärke mit dem Verbrache des Brennmaterials in Vergleichung gestellt. RUMFORD und HERSCHEL haben über den Lichtverlust bei der Zurückwerfung des Lichtes von Metallspiegeln und beim Durchgange durch Glaslinsen Versuche angestellt; aus diesen Versuchen und aus der Berechnung des im Bilde des Spiegelteleskopes vereinigten Lichtes hat HERSCHEL die Lichtstärke seiner Teleskope berechnet. Der jüngere HERSCHEL hat über den Lichtverlust beim Durchgange durch farbige Gläser Versuche angestellt<sup>1</sup>. Und so hat man auf ähnliche Weise mehrere Zweige der Photometrie bereichert. Eine eigene photometrische Untersuchung macht die Polarisirung des Lichtes<sup>2</sup> nöthig, indem polarisirtes Licht weder bei der Zurückwerfung noch beim Durchgange eben den Gesetzen folgt, die LAMBERT und BOUVEN entwickelt haben.

Lehrbücher, welche die Photometrie allein behandeln, sind neuerlich wohl nicht erschienen, sondern sie wird als Theil der Optik vorgetragen; KARSTEN hat ihr indess den ganzen 8ten Theil seines Lehrbegriffes allein gewidmet. B.

## P h o t o s p h ä r e.

Unter diesem Namen kündigte PASTORFF eine schwach sichtbare Erscheinung an, die in guten Achromaten als das Bild der Planeten umgebend gesehn werde. Nach seiner Meinung ist dieses eine wirkliche Lichtkugel, welche die Planeten, namentlich die Venus, den Jupiter und den Saturn umgiebt. Als Beweis, daß diese die Planeten umgebende Erscheinung ein

1 G. XLV. 341. XLVI. 225. HERSCHEL vom Lichte S. 244, der deutschen Uebers.

2 S. Art. *Polarisirung*.

wirklicher Gegenstand sey, führt PASTORFF die Erfahrung an, daß sehr feine teleskopische Sterne beim Eintritte in diese Lichtsphäre sich dem Auge entziehen; aber er bedachte dabei nicht, daß jedes, wenn gleich matte, Licht, bloß darum, weil es unser Auge trifft, dasselbe minder fähig macht, kleine Gegenstände zu sehn, und daß dieser Beweis daher nur die Existenz eines Lichtschimmers, nicht aber die Existenz einer die Venus und andre Planeten umgebenden Materie beweise<sup>1</sup>.

Es leidet wohl keinen Zweifel, daß diese Photosphäre nichts anders ist, als eine optische Täuschung. KUNOWSKY fand nicht bloß den Jupiter und Saturn, sondern auch Sirius, Rigel und Capella von einer solchen Photosphäre umgeben, und bei allen diesen Weltkörpern erschien sie von 50" Halbmesser in Zeit, wenn ein und dasselbe Fernrohr angewandt wurde. Daß diese Beobachtung der Meinung, man beobachte hier einen wirklichen Gegenstand, ganz entgegen sey, erhellt von selbst. Nach KUNOWSKY's Meinung entsteht dieser Lichtschimmer bei hellen Sternen daher, daß etwas Licht von der innern Hohlfläche des biconvexen Objectivglases zurückgeworfen, dann von der Vorderfläche theilweise abermals zurückgeworfen wird und so in das Auge kommt. Ob diese Erklärung, die sehr viel für sich hat, vollkommen richtig sey, ist von einigen Beobachtern noch als unentschieden angesehen worden; aber folgende Beobachtung von KUNOWSKY widerlegt wohl die Objectivität der Erscheinung ganz vollkommen. KUNOWSKY beobachtete den Jupiter, indem dieser im Begriff war, hinter ein entferntes Dach zu treten, und er achtete nun darauf, wie hier die Photosphäre verschwinden werde; er überlegte nämlich richtig, daß eine wirkliche Umgebung des Jupiter sich nach und nach hinter dem entfernten Gegenstande verbergen müsse, wogegen ein im Fernrohre erzeugter Glanz so lange sichtbar bleiben mußte, als das Licht des Jupiter auf das Objectiv fiel, aber auch nicht länger. Das Letztere geschah. Die Photosphäre zeigte sich deutlich vor dem dunkeln Gegenstande, so lange Jupiter noch Strahlen auf das Objectiv sandte, und sie war ganz verschwunden, als das Licht des Planeten nicht mehr das Objectiv erreichte; die auf den hellen Himmel projectirte Seite verschwand schon, als Jupiter nur erst zum Theil

1 Astron. Jahrb. 1823. S. 157. 248. 1825. S. 235.

verdeckt war, während die auf dem dunkeln Grunde schöner sichtbare Hälfte (die *vor dem Hause* sichtbare Hälfte) erst verschwand, als Jupiter sich verbarg<sup>1</sup>. Man sieht diese Photosphäre nur in Fernröhren, deren Objective so vollkommen polirt und so frei von allem auf der Oberfläche des Glases zerstreuten Lichte sind, daß gar keine durch zerstreutes Licht hervorbrachte Erhellung des Sehfeldes statt findet.

Der jüngere HERSCHEL beschreibt ähnliche Erscheinungen, die sich bei 300 bis 400maliger Vergrößerung bei Fixsternen zeigen. Da nämlich erscheint der Fixstern rund wie ein Planet und mit zwei oder drei abwechselnd hellen und dunkeln Ringen umgeben, die an den Rändern etwas gefärbt erscheinen. HERSCHEL erklärt diese Erscheinungen aus Interferenzen. Im wahren Brennpunkte kommen die Lichtstrahlen alle in gleichem Zustande an, aber seitwärts vom Brennpunkte treffen Strahlen von der einen Seite des Objectivs so mit Strahlen von der andern Seite des Objectivs zusammen, daß sie in einer gewissen Entfernung eine gegenseitige Zerstörung des Lichteindrucks, in einer doppelten Entfernung eine Verstärkung desselben bewirken, so wie es die Erfahrungen von den Interferenzen<sup>2</sup> auch in andern Fällen ergeben. Wie sich diese Licht-Erscheinung ändert, wenn man ein Diaphragma mit runder oder mit dreieckiger oder anderer Oeffnung anbringt, hat HERSCHEL umständlich beschrieben<sup>3</sup>.

B.

## P h y s i k.

Naturlehre, Naturkunde, Naturwissenschaft, Naturphilosophie; *Physica*, *physice*, *philosophia naturalis*; Physique; *Natural Philosophy*.

Unter Physik (*Θεωρία φυσική* oder schlechtweg *φυσική*) oder Naturlehre, welcher deutsche Ausdruck mit jenem gleichbedeutend, aber noch genauer bezeichnend ist, versteht man die Lehre von der Natur oder den Unterricht über dieselbe, und zur

1 Astr. Jahrb. 1825. S. 222. 1826. S. 203.

2 S. Art. Interferenz Bd. V. S. 770 ff.

3 HERSCHEL vom Licht, §. 766—778.

Bestimmung dessen, was durch diese Ausdrücke bezeichnet werden soll, darf daher bloß die Bedeutung des Wortes *Natur* näher angegeben werden. Dieser letztere Ausdruck bezeichnet aber den Inbegriff der gesammten Außenwelt, und zwar nicht bloß das sinnlich Wahrnehmbare, das Materielle, Körperliche, sondern auch diejenigen Ursachen der mannigfaltigen Veränderungen, die man Kräfte zu nennen pflegt, und diesem Ganzen steht dann das Geistige oder die Geisterwelt entgegen.

Auf den ersten Blick scheint es nicht schwierig, diese beiden Gebiete der Wissenschaften als wesentlich von einander verschieden zu trennen, allein die Geschichte hat gezeigt, daß dieses nicht allezeit geschah und daher so leicht nicht seyn kann. In den früheren Zeiten faßte man nämlich den ganzen Inbegriff alles Wissens unter dem gemeinschaftlichen Namen Philosophie zusammen, wobei jedoch die Physik von der Metaphysik durch die aristotelische Schule getrennt wurde. Erst seit CARTESIUS gewöhnte man sich, das geistige Leben vom Körperlichen und Materiellen streng zu sondern, bis in den neuesten Zeiten SCHELLING und die Anhänger der Naturphilosophie (nach der später von einigen philosophischen Schulen in Deutschland festgesetzten Bedeutung dieses Wortes) alle Gegenstände des menschlichen Wissens wieder zu vereinigen suchten<sup>1</sup>. Es ist jedoch in mehrfacher Hinsicht von größter Wichtigkeit, die Naturlehre durchaus auf die Grenzen einer Erfahrungswissenschaft zu beschränken, alles davon auszuschließen, was außerhalb desselben liegt, insbesondere aber die Naturforschung nicht bis in das Gebiet des Glaubens, namentlich des religiösen, auszudehnen. Das Wesen des Naturstudiums, zugleich aber die zahlreichen Anwendungen, welche man von den erhaltenen Resultaten zu machen veranlaßt wird, bringen es mit sich, daß hierbei eine durchaus freie Forschung stattfinden muß; nichts darf für ausgemacht gelten, was eines strengen Beweises ermangelt, insbesondere in allen denjenigen Theilen, die eine mathematische Behandlung erfordern; es muß ferner erlaubt seyn, jeden noch so lange bestandenen Satz anzugreifen, sobald ein solcher Angriff durch gehörige Gründe unterstützt werden kann, denn nur auf diesem Wege ist es möglich, zur ausgemachten Wahrheit zu gelangen. Bei Gegenständen des Glaubens dagegen, ins-

---

1 J. F. Fries Lehrbuch der Naturlehre. Jena 1826. S. 3.



besondere des religiösen, sofern das Object desselben ein übersinnliches ist, darf eine solche auf Anschauung gestützte absolute, jeden Zweifel beseitigende, Gewissheit gar nicht erwartet werden, und wollte man sich bestreben, sie wirklich zu erhalten, so würde man Gefahr laufen, allzuviel zu verlieren, was für den Menschen von größter Wichtigkeit ist. Die Naturforschung geht von äußern Dingen aus, der religiöse Glaube vom Innern, vom Wesen des Menschen selbst, bei jener kann das Object vom untersuchenden Subjecte völlig getrennt betrachtet werden, bei der religiösen Ueberzeugung wird dieses niemals der Fall seyn, der letzteren muß es daher erlaubt seyn, aus der ersteren so viel zu entnehmen, als ihr beliebt, aber es darf nicht umgekehrt jener gestattet werden, sich bei ihren Untersuchungen und Folgerungen in das Gebiet von dieser zu verirren.

Die Kenntniß des menschlichen Geistes und seiner Thätigkeits-Aeusserungen bildet auf gewisse Weise ein Mittelglied zwischen beiden, bei welchem die Erfahrung gleichfalls die Grundlage ausmacht und daher eine freie Forschung stattfinden muß; allein diese führt allezeit zu dem Resultate, daß über das Wesen des Geistigen im Menschen keine gewisse Ueberzeugung zu erwarten steht, woraus dann abermals die Folgerung hervorgeht, daß bei der Untersuchung der Natur die des Geistigen ganz ausgeschlossen werden muß, um nicht Gewisses und Ungewisses mit einander zu vermengen. Dagegen gehört ohne Ausnahme alles, was die Sinnenwelt mittelbar oder unmittelbar darbietet, die Materie im Ganzen und jeder einzelne Körper, jede Veränderung der Außendinge nebst deren Ursachen, kurz alles was sinnlich wahrnehmbar ist, in das Gebiet der Naturforschung, und man darf keinen dieser Gegenstände als seiner Unbedeutsamkeit wegen nicht dazu gehörig ausschließen, obgleich zwischen dem Wichtigen und Unwichtigen, dem Gewöhnlichen und dem Seltenen, dem allgemein und dem nur wenig Bekannten ein bedeutender Unterschied stattfindet.

Aus dem Gesagten folgt bei dem auf den ersten Blick sich zeigenden unermesslichen Reichthume und der unfasbaren Fülle der Natur, daß die Wissenschaft, welche über alles dieses uns belehren und Auskunft geben soll, von einem außerordentlichen Umfange seyn muß. Bei näherer Betrachtung ergiebt sich außerdem bald, daß weder der schärfste Verstand, noch auch der beharrlichste und angestrengteste Fleiß, oder selbst beide mit ein-

ander verbunden, den einzelnen Menschen in den Stand zu setzen vermögen, mit allen diesen Gegenständen genauer bekannt zu werden. Obgleich daher die Naturforschung eigentlich ein ungetrenntes Ganzes ausmachen sollte und anfänglich bei der vorhandenen geringeren Menge von bekannten Thatssachen wirklich ausmachte, so mußte doch später wegen übermäßiger Fülle ein Zerfallen in einzelne Theile stattfinden, die sich bald zu sehr bedeutenden wissenschaftlichen Disciplinen gestalteten. Wenn man daher die zur Naturforschung im Allgemeinen oder zur Naturlehre im weiteren Sinne des Wortes gehörigen Zweige aufzählt, so gibt es deren eine große Menge, die von den Schriftstellern verschieden geordnet werden, mir aber scheint folgende Zusammenstellung die Uebersicht des Ganzen zu erleichtern.

Obgleich jede Wissenschaft auf gewisse Weise eine philosophische Behandlung zuläßt, d. h. eine solche, wodurch zugleich der genaue Zusammenhang des Einzelnen und die nothwendige Verbindung nach Ursachen und Folgen nachgewiesen wird, so findet dieses doch bei einigen ungleich mehr statt, als bei andern, und obgleich umgekehrt alle Wissenschaften von etwas Gegebenem, die meisten von dem historisch Erforschten, ausgehen, so sind doch einige fast ausschließlich auf erlernte Thatssachen beschränkt, statt daß andere, mit einfachen Prämissen sich begnügend, sofort ein weites Feld für zahllose freie Combinationen gewinnen. Aus diesem Gesichtspuncte die Sache betrachtet, und ohne eine absolut scharfe Sonderung zu beabsichtigen, lassen sich die sämmtlichen zur Naturlehre im weiteren Sinne gehörigen Disciplinen nach der bei ihnen vorzugsweise erforderlichen Art der Behandlung in zwei große Classen abtheilen, nämlich die *philosophischen* und die *historischen*. Die unter die erste von diesen Abtheilungen gehörigen haben mit einander gemein, daß man bei ihnen von einer im Ganzen geringen, mehr oder minder großen Menge von Thatssachen ausgeht, um aus diesen diejenigen allgemeinen Gesetze aufzufinden, welche einzeln oder wieder auf ein einziges Hauptgesetz zurückgeführt die Grundlage des Ganzen ausmachen. Hierunter gehören also die *Physik* oder die *Naturlehre* im engeren Sinne des Wortes, die *Physiologie*, die *Chemie* und die *physische Astronomie*. Bei den zur zweiten Classe gehörigen Wissenschaften besteht der bei weitem größte und wesentlichste Theil

aus einer großen Menge von Thatsachen, welche einzeln erlernt und zur leichteren Uebersicht geordnet werden müssen, worunter demnach zuerst die *Naturgeschichte*, dann die *physische Geographie* und die *sphärische Astronomie* zu rechnen sind.

Betrachten wir diese einzeln, um die gewählte Eintheilung zu rechtfertigen, so besteht das eigentliche Object der Physik in der Aufgabe, diejenigen Kräfte aufzufinden, von denen die Entstehung, die Fortdauer und die steten Veränderungen der gesammten Sinnenwelt abhängen. Es zeigt sich jedoch bald, daß der *Ursprung* aller Dinge ganz außer den Grenzen der Erfahrung liegt und die Erforschung der Natur erst dann anfangen kann, wenn das zu untersuchende Object, also die Natur selbst, gegeben ist, woraus dann unmittelbar folgt, daß alle Bemühungen, den Ursprung der Welt und der hierbei wirkenden Ursachen zu erforschen, nicht zur Physik gehören, sondern zu einer andern Wissenschaft, welche man *Metaphysik* genannt hat. Allerdings könnte man sagen und hat es auch oft ausgesprochen, daß sich aus der erkannten Beschaffenheit der gegebenen Dinge die Art ihrer Entstehung müsse ableiten lassen, allein hierzu wäre schon als vorläufige Bedingung erforderlich, das Weltall in seinem ganzen Umfange zu übersehn und in allen seinen einzelnen Theilen genau zu kennen, was dem menschlichen Verstande ganz unmöglich ist, weswegen auch alle Versuche dieser Art von den ältesten Zeiten an bis auf die neuesten herab sich in träumerische Phantasieen aufgelöst haben. Für die Physik, deren Wesen darin besteht, aus gegebenen Thatsachen allgemeine Gesetze zu entwickeln und diese wieder auf vorkommende Erscheinungen anzuwenden, steht ohnehin der Satz vom zureichenden Grunde unumstößlich fest, sie würde sich selbst zerstören und um ihre ganze Existenz bringen, wenn sie hiervon abweichen wollte, und sonach muß in ihr das Axiom, *ex nihilo nil fit*, auch nothwendig angenommen werden, ohne daß sie zu einem metaphysischen Beweise desselben oder zur Beantwortung der Frage, ob dasselbe auch außerhalb ihres Gebiets noch allgemein gültig sey, verpflichtet werden kann. Auf gleiche Weise findet sie nach der ihr eigenthümlichen mathematischen Argumentationsweise einen innern Widerspruch in der Annahme, daß etwas Bestehendes wieder verschwinden solle, weil zwischen dem Uebergange des Etwas

zum Nichts sich ein unendlicher Abstand befindet, mithin liegt die Bestimmung über den in endliche oder unendliche Ferne zu setzenden Untergang des Bestehenden, überhaupt das Urtheil über den Uebergang des Gegebenen zum Nichts ganz ausser dem Gebiete ihrer Forschungen.

Diesemnach beschränkt sich die Physik im engeru Sinne blofs auf die Untersuchung des Bestehenden in der Natur nebst den darin vorgehenden Veränderungen, deren Ursachen aufzusuchen, auf allgemeine Gesetze zurückzubringen und den nothwendigen Zusammenhang zwischen jenen und diesen nachzuweisen sie als das ihr eigenthümlich angewiesene Gebiet betrachtet. Man kann dieses kurz ausdrücken, wenn man sagt, die eigentliche Aufgabe der Physik sey, die Ursachen der Dinge zu erkennen (*causas rerum cognoscere*) oder vielmehr die Gesetze, welche den Erscheinungen in der Natur und deren ohne Unterbrechung einander folgenden Veränderungen zum Grunde liegen, zu erforschen. In dieser Beziehung ist ihr dann nichts absolut klein oder grofs, nichts ohne Verhältnifs wichtig oder unwichtig, vielmehr mufs sie alles ohne Ausnahme zu erklären suchen, wobei das, was auf den ersten Blick geringfügig scheint, oft die grössten Schwierigkeiten darbietet und zu den wichtigsten Resultaten führt. Es besteht nämlich ein innerer und nothwendiger Zusammenhang in der ganzen Natur, was einmal als Gesetz erkannt ist, mufs allgemein Anwendung finden und würde durch jede damit unvereinbare oder ihm widersprechende Thatsache entweder modificirt oder gänzlich umgestossen werden. Weil ferner die Physik die erste und allgemeinste unter allen naturwissenschaftlichen Disciplinen ist, so gehört jede neu entdeckte und zuerst beobachtete Erscheinung ursprünglich ihr an, sie mufs dieselbe prüfen und unter diejenige Abtheilung verweisen, welcher sie demnächst zufällt. Diese Allgemeinheit macht zwar das Studium derselben weitläufig und schwierig, giebt ihm aber zugleich einen eigenthümlichen Reiz und eine vorzügliche Bedeutsamkeit.

Der Physik am nächsten steht die *Physiologie*, die man auch Physik der organischen Körper nennen könnte. Auch diese Wissenschaft ist auf Erfahrungen gegründet, erfordert Beobachtungen und Versuche, strebt nach genauester Kenntnifs derjenigen Apparate (*Organe*); welche die Erscheinungen bedingen, und sucht die allgemeinen Gesetze zu erforschen,

worunter diese letztern sich bringen lassen; der Unterschied beider beruht nur darauf, daß die Physik der ihr zunächst verwandten Physiologie alle diejenigen Erscheinungen als einen großen speciellen Zweig überlassen hat, welche durch das Leben bedingt werden, wodurch sie selbst auf die leblosen oder als solche betrachteten Gegenstände beschränkt ist, die Physiologie dagegen sich nur mit belebten beschäftigt. Die letztere zerfällt dann wieder in zwei große Abtheilungen nach den beiden Classen belebter Wesen, nämlich der Thiere und der Pflanzen, welche man bei der Schwierigkeit einer scharfen Grenzbestimmung zwischen beiden kaum gänzlich von einander zu trennen vermag, obgleich die Pflanzenphysiologie meistens mit der Botanik verbunden zu werden pflegt. Die normale Thätigkeit der Organe setzt ferner den Zustand der Gesundheit voraus, Krankheiten dagegen sind allezeit mit einem abnormen Zustande derselben verbunden oder vielmehr eine nothwendige Folge hiervon, weswegen man auch die gesammte *Nosologie* und somit auch die *Therapie* als verwandte Zweige der Physiologie betrachten könnte. Unmittelbar nach dem Tode tritt eine Zersetzung der Körper in ihre einfachen Bestandtheile ein, deren Untersuchung in das Gebiet der Chemie gehört.

Wenn man unter *Chemie* diejenige Wissenschaft versteht, welcher obliegt, die einfachen Bestandtheile der Körper und das quantitative Verhältniß aufzusuchen, nach welchem dieselben wirklich verbunden sind oder sich verbinden lassen, so würde sie ihren philosophischen Charakter verlieren und zu einer bloßen Erfahrungswissenschaft übergehn. Allein wenn sie sich auch früher in diesem Gewande zeigte, so hat sie doch neuerdings eine andere Gestalt angenommen, seitdem ihre eigentliche und wesentlichste Aufgabe darin besteht, die allgemeinen Gesetze aufzufinden, wonach die verschiedensten und mannigfaltigsten Verbindungen statt finden, oder seitdem die *Stöchiometrie* bei weitem den wesentlichsten Theil derselben ausmacht. Allerdings beruhen die zahllosen Verbindungen, ja selbst die gesammten Operationen, wodurch diese erkannt oder hervorgebracht werden, auf allgemeinen Naturgesetzen, deren Erforschung in das Gebiet der Physik gehört, allein sofern die letztern ausschließlich nur zur Auffindung der einfachen Bestandtheile der Körper und der allgemeinen Gesetze, wonach diese sich verbinden, benutzt werden, hauptsächlich aber we-

gen der zahllosen Erfahrungen, welche hierfür unentbehrlich sind, hat sich die Chemie als ein besonderer Zweig zu einer selbstständigen und zugleich weitläufigen Wissenschaft gestaltet, welche jedoch allezeit mit dem Ganzen innig verbunden bleiben wird. Eben dieses findet statt bei der *physischen Astronomie*. Diese untersucht die allgemeinen Gesetze, welche den Kreislauf der Gestirne und die unwandelbare hierbei statt findende Ordnung bedingen, kommt sehr bald auf Bewegungen in bestimmten Bahnen und auf das einfache Naturgesetz der Anziehung zurück, wonach sie sich also unmöglich weit von der Physik entfernen kann, allein wegen der großen Menge unentbehrlicher Beobachtungen, welche zur sphärischen, theoreischen und allgemein zur praktischen Astronomie gehören, hat auch sie sich in Verbindung mit diesen letztern als selbstständige Wissenschaft abgesondert.

Ungleich weiter getrennt sind diejenigen wissenschaftlichen Disciplinen, welche zur zweiten Classe der mehr historischen gehören. Hierunter ist zunächst die *Naturgeschichte* zu rechnen, deren Name zugleich ihren Charakter bezeichnet. Sie zerfällt nach den zu untersuchenden Gegenständen in die *Zoologie*, *Botanik* und *Mineralogie*, welche hier keine nähere Erörterung bedürfen, ja es darf auch als bekannt vorausgesetzt werden, daß die Zoologie nach den verschiedenen Thierclassen in Unterabtheilungen zerfällt, daß in der Botanik die Untersuchung der Kryptogamen einen besondern Zweig bildet und daß die Mineralogie zwei Haupttheile, die *Oryktognosie* und *Geognosie*, ausmacht. Die letztere hängt durch die *Petrefactologie* oder die Kenntniß der versteinerten Ueberreste organischer Körper aus frühern Zeiten mit der Botanik und Zoologie innig zusammen und entfernt sich in der *Geologie* oder der Untersuchung über den Ursprung der Erde nur wenig von der eigentlichen Physik, indem sie die bei der Entstehung und allmähigen Umbildung der Erde thätigen Naturkräfte in Anspruch nimmt, so daß der geschehenen Trennung ungeachtet der Zusammenhang aller Theile zu einem großartigen Ganzen allezeit wieder sichtbar hervortritt. Die *physische Geographie* wird sogleich etwas näher betrachtet werden, der *sphärischen Astronomie* ist bereits ihre Stelle angewiesen, wonach sie in Verbindung mit den übrigen astronomischen Disciplinen zur Sternkunde im Ganzen gehört, und überhaupt ist es überflüssig, über

diese einzelnen Zweige hier ausführlich zu reden, da ihr Zusammenhang mit der Physik sich leicht herausstellt und über die am nächsten hiermit verbundenen in besondern Artikeln das Nöthige bereits gesagt worden ist.

Man kann die eigentliche Naturlehre oder die Physik im engern Sinne in zwei eigenthümlich bezeichnete Haupttheile zerlegen, wie ich zuerst gethan zu haben glaube und gern rechtfertigen möchte, nämlich in *reine* und *angewandte* Physik. Die *reine* Physik sucht aus den Erscheinungen die gesammten allgemeinen und besondern physikalischen Gesetze aufzufinden, die *angewandte* dagegen aus den bereits aufgefundenen Gesetzen die Erscheinungen der Natur im Großen zu erklären; jene bedarf der Beobachtungen und Versuche, um die in der Natur wirksamen Kräfte kennen zu lernen, diese dagegen sucht die bereits erkannten auf vorkommende Phänomene anzuwenden. Hierunter gehören demnach die *Astronomie*, als Anwendung der Gesetze der allgemeinen Schwere und der Trägheit zur Construction der Bewegungen der Himmelskörper, die *physische Geographie*, als Nachweisung der Beschaffenheit und der steten Veränderungen, welche unsere Erde und insbesondere deren Oberfläche in Folge stets thätiger Naturkräfte zeigen, und die *Meteorologie*, deren Aufgabe darin besteht, die im Luftkreise vorkommenden zahlreichen Phänomene zu erklären.

Es ist bereits<sup>1</sup> gezeigt worden, daß die Naturlehre eine Erfahrungswissenschaft sey, das heißt eine solche, die, des philosophischen Gewandes ungeachtet, bloß auf Erfahrungen und den hieraus entnommenen Schlüssen beruht. Hierüber ist man allgemein einverstanden; auch wird von Niemanden bestritten, daß man durch *Beobachtungen* und *Versuche* zu jenen gelangt, wobei es mir unnöthig scheint, hier nochmals zu wiederholen, daß beide letztere sehr oft mit einander verbunden, zur Erreichung des vorgesetzten Zweckes auf gleiche Weise ganz unentbehrlich sind, aber zugleich nach den darüber festgesetzten Regeln angestellt und benutzt werden müssen, wenn sie als wissenschaftliche Grundlage brauchbar seyn sollen. Wenn man dieses alles wohl berücksichtigt und zugleich die großen Schwierigkeiten nicht unbeachtet läßt, welche namentlich mit der Anstellung genauer und in jeder Hinsicht genügender Versuche

1 Vergl. Art *Beobachtung* Bd. I. S. 884.

verbunden sind, so muß man bald zur Ueberzeugung von dem außerordentlich hohen Werthe gelangen, welcher den völlig bewährten Versuchen und Beobachtungen als fester Grundlage der gesammten Naturlehre gebührt. Es ist jedoch in den neuen Zeiten, namentlich den deutschen Physikern, mitunter der Vorwurf gemacht worden, daß sie der Erfahrung einen zu hohen Werth beigelegt hätten und dadurch zu einer möglichst geist- und gedankenlosen Empirie geführt worden seyen<sup>1</sup>. Allein diejenigen, welche etwas dieser Art zu äußern vermögen, haben sicher nie selbst auch nur einen einzigen Versuch angestellt, welcher als schulgerecht zur Begründung einer sichern Erfahrung dienen könnte, sonst würden sie ohne Zweifel zu der Ueberzeugung gelangt seyn, daß die hierzu erforderliche eigenthümliche Verfahrungsweise mit Geist- und Gedankenlosigkeit ganz unvereinbar ist, indem jeder Mensch weit leichter, mit viel geringerer Anstrengung und fast im Zustande des Träumens ein halbes Dutzend neuer Theorien erdenken oder Möglichkeiten ahnen, als nur einmal die Art und Weise genau durchdenken kann, auf welche ein den Forderungen genügender neuer Versuch angestellt werden soll, der Schwierigkeiten bei der wirklichen Ausführung und demnächstigen Anwendung gar nicht zu gedenken.

Die in der Physik als feste Grundlage dienenden Erfahrungen haben nur dann Gültigkeit, wenn sie hinlänglich begründet sind. In der Naturlehre bedarf es hierbei derjenigen Prüfungsmittel nicht, welche die Logik aufsucht, um über den Werth der Zeugnisse zu entscheiden, denn die in ihr vorkommenden Thatsachen erhalten meistens ihr Gewicht von selbst durch ihren nothwendigen Zusammenhang mit dem, was bereits als ausgemacht anerkannt und an sich unumstößlich ist, die gemachten Erfahrungen erhalten dagegen ihre Begründung durch eine genaue Beschreibung der Beobachtungen und Versuche, worauf sie sich stützen, indem keine als gültig betrachtet wird, welche nicht unter den angegebenen Umständen und Bedingungen auf gleiche Weise wieder erfolgt. Eine einzelne isolirte Beobachtung, mag sie unmittelbar oder mittelst eines Versuchs gemacht worden seyn, hat daher so lange keinen vollständigen

---

<sup>1</sup> SCHELLING über FARADAY'S neueste Entdeckung. München 1832. S. 31.



oder vielmehr gar keinen Werth, als ihr die nöthige Bestätigung durch die Analogie mit ähnlichen Erscheinungen oder durch Wiederholung abgeht. Aus eben diesem Grunde findet die frühere Geheimniskrämerei, überhaupt die Wichtigkeit vermeintlicher grosser, aber geheim gehaltenen, Entdeckungen gegenwärtig gar nicht mehr statt, eine nicht genau beschriebene oder deutlich vorgelegte Erfindung bleibt unbeachtet. Inzwischen reicht eine einzige, obgleich unbezweifelte, Erfahrung niemals hin, um irgend ein Naturgesetz zu begründen, wohl aber um dessen Allgemeinheit umzustossen; oft sind deren mehrere übereinstimmende für jenes nicht genügend und lassen daher das Resultat hypothetisch. Bei dem Streben der Naturforscher nach absoluter Gewissheit sollte man hiernach es für rathsam halten, gar kein Gesetz aufzustellen, bis die Summe der Erfahrungen hinreichte, ein solches fest zu begründen, allein diese Forderung streitet gegen die Natur des Menschen, indem eben der gebildete forschende Verstand einzelne Thatfachen isolirt aufzufassen sich sträubt, sie dagegen sofort mit andern in ursächliche Verbindung setzt und hierin so weit geht, daß er oft statt der wahrgenommenen reinen Thatfache meistens deren Ursache, seltener die Folge als solche ausspricht. So sagt man nicht, ich bemerke einen beschleunigten Pulsschlag und schliesse auf anwesendes Fieber, ich sehe die Erdoberfläche benetzt und leite dieses vom gefallenen Regen her, ich finde es drückend warm und erkenne dieses als Zeichen eines bevorstehenden Gewitters u. s. w., sondern vielmehr ich beobachte, daß der Patient Fieber hat, ich sehe, daß es geregnet hat, ich empfinde ein bevorstehendes Gewitter. Dieses, was im gemeinen Leben so oft vorkommt, ist dem Menschen natürlich und überrascht ihn auch selbst bei seinen wissenschaftlichen Forschungen, wenn er ihm nicht in wesentlichen Dingen vorsichtig zu begegnen sucht. Man darf jedoch diese Anlage keineswegs verdammen, denn sie ist es eben, die durch das Streben nach der Auffindung des ursächlichen Zusammenhangs vor einer gedankenlosen Empirie bewahrt.

Des absolut Gewissen giebt es nur wenig und das meiste im Gebiete der menschlichen Erkenntniß ist hypothetisch. Ohne hier auf die Untersuchung über den Werth der *Hypothesen* im Allgemeinen einzugehn, folgt schon von selbst, daß sie auch in der Naturforschung bei mangelnder absoluter Gewissheit

vom größten Nutzen sind, nur darf man nicht zu kühn in der Aufstellung derselben seyn und ihnen keinen höhern Werth beilegen, als der ihnen wirklich zukommt. Sie sind allezeit um so viel besser, je genauer sie mit anderweitigen ausgemachten Thatsachen übereinstimmen und je mehr Erfahrungen sie zu einem gemeinsamen Ganzen vereinigen, wodurch sie sich der absoluten Gewißheit stets mehr und mehr nähern. Manche Gelehrte haben eine überwiegende Fertigkeit, aus wenigen Thatsachen sofort die richtige Hypothese aufzufinden, andere bedürfen dazu längere Zeit und mehrere Erfahrungen. Das erstere zeigte sich unter andern namentlich bei A. VOLTA in der Erklärung des Elektrophors und des Galvanismus.

Die durch Beobachtungen und Versuche erhaltenen Erfahrungen führen zu dem Resultate, daß unter gegebenen Bedingungen gewisse Erscheinungen allezeit auf gleiche Weise erfolgen, und begründen somit einen ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden, welcher als nothwendig erkannt und mit dem Namen eines *Naturgesetzes* bezeichnet wird. Werden unter einem solchen nur wenige übereinstimmende Thatsachen begriffen, so heißt es ein beschränktes, im entgegengesetzten Falle ein mehr oder minder allgemeines. Aber auch mehrere solche Naturgesetze lassen sich vereinigen und bilden dann ein höheres; ja man hat sogar danach gestrebt, ein einziges höchstes aufzufinden, woraus alle andere abzuleiten wären; allein dieses, was bei den ältern Philosophen der *Stein der Weisen*, bei den neuesten das *höchste Princip alles Wissens* genannt wurde, wird schwerlich von irdischen Wesen jemals gefunden werden; auch ist es zuverlässig ein eitles Bemühen, von einem obersten Grundsatz herabsteigend Alles erklären zu wollen. Auf jeden Fall wäre hierzu namentlich im Gebiete der Physik erforderlich, die Natur im Ganzen und in ihren einzelnen Theilen vollständig zu kennen, was sicher unmöglich ist, da sie uns im Großen und im Kleinen als unendlich erscheint, und ich habe daher schon oft gesagt, daß es mir sogar vorläufig noch nicht ausgemacht zu seyn scheint, ob der endliche Verstand schon hier das Ganze der Natur zu begreifen nicht etwa fähig, sondern selbst nur einmal bestimmt ist.

Man unterscheidet *theoretische* und *Experimental-Physik* als einander entgegengesetzt und bedient sich des Ausdrucks *mathematische Physik* ohne Gegensatz oder als der experi-

mental en entgegenstehend. Dafs hierdurch ganz eigenthümliche verschiedene Arten bezeichnet würden, ist schon an sich nicht wahrscheinlich und auch keineswegs wirklich der Fall, vielmehr beziehn sich diese Bezeichnungen, ebenso wie die der *populären Physik* im Gegensatze der *streng wissenschaftlichen*, blofs auf die vorherrschende Art der Behandlung. Hiernach bedürfen die letzten, auch bei sonstigen wissenschaftlichen Disciplinen gebräuchlichen, Ausdrücke keiner weitem Erörterung und auch die ersteren können ohne bedeutende Schwierigkeiten leicht näher bestimmt werden. Wollte man unter theoretischer Physik eine solche verstehn, welche der Experimente völlig entbehrt, so würde dieses im Widerspruche mit demjenigen stehn, was oben behauptet wurde, nämlich dafs diese Wissenschaft blofs auf Erfahrungen und die hieraus abgeleiteten Schlüsse gebaut ist, die nur durch Beobachtungen und Versuche erhalten werden, indem zugleich beide letztere Arten gleichmäfsig ganz unentbehrlich sind, weil ein grofser Theil der nothwendigen Erfahrungen nur durch Versuche, ein anderer nicht minder wichtiger nur durch Beobachtungen erhalten wird. Eine von allen Experimenten getrennte Physik kann es also nicht geben, da es unmöglich ist, einen durch sich selbst bewiesenen höchsten Grundsatz aufzufinden, von welchem ausgehend man durch eine Reihe schulgerechter Schlüsse bis zu der gesammten Summe aller Erfahrungen als nothwendigen Folgerungen herabsteigen könnte, ja es ist dieses schon insofern für den menschlichen Verstand unmöglich, als derselbe von seiner frühesten Entwicklung an mit einer übergrofsen Menge von Erfahrungen bekannt wird, von denen er sich bei seinen spätern metaphysischen Operationen keineswegs loszusagen vermag. Aus eben diesen Gründen giebt es aber auch keine *theoretische Physik* im strengsten Sinne des Wortes und die Unterscheidung kann daher nur auf der eigenthümlichen Art der Bearbeitung beruhn, folglich in dieser Beziehung nicht wesentlich seyn. Die Physik als Wissenschaft bleibt allezeit die nämliche und stets sich selbst gleich, allein beim Vortrage derselben werden entweder die den Erfahrungen und den hieraus abgeleiteten Gesetzen zum Grunde liegenden Experimente theils wirklich angestellt, theils blofs erzählt und im Wesentlichen angedeutet, oder man setzt dieselben als bekannt voraus und entwickelt durch Schlußfolgerungen aus ihnen die einzelnen

und allgemeinen Gesetze. Hiernach würde jenes Verfahren also die experimentale, dieses dagegen die theoretische Methode der Naturforschung genannt werden. Dafs man übrigens überall keine Experimente anstellen könne, ohne damit theoretische Betrachtungen über die aus ihnen mittelbar oder unmittelbar folgenden Naturgesetze zu verbinden und ihren Zusammenhang mit der Wissenschaft im Ganzen zu berücksichtigen, dieses ist bereits genügend dargethan worden, und somit fällt also die Möglichkeit einer blofs *empirischen* Experimentalphysik von selbst weg. Was endlich unter mathematischer Physik zu verstehn sey, wird sogleich näher erörtert werden.

In den neuern Zeiten hat man sich häufig des Ausdrucks *Naturphilosophie* bedient, ohne dafs bis jetzt noch durch irgend jemand deutlich und bestimmt nachgewiesen ist, was hierunter eigentlich zu verstehn sey<sup>1</sup>. Die philosophischen Systeme der Alten bezogen sich ausschliesslich oder vorzugsweise auf die Erklärung der Natur, ihrer Erscheinungen und Gesetze, ohne dafs dieses jedoch durch einen besondern Ausdruck bezeichnet wurde. Vorzüglich stammt die Bezeichnung *Naturphilosophie* (*philosophia naturalis*) wohl von *Newton* her, wurde seitdem ein in vielen Schriften, hauptsächlich den in lateinischer Sprache geschriebenen, häufig vorkommender Ausdruck und ist im Englischen als *natural philosophy* ausschliesslich beibehalten worden. In Deutschland kennt man denselben als vorzügliches Eigenthum der Schelling'schen Schule, deren Gründer jedoch ungleich mehr darunter begriff, als bis dahin geschehn war, nämlich die ganze Summe alles aus einem einzigen höchsten Grundsatz abgeleiteten Wissens und Erkennens oder vielmehr die geistige Operation dieses Ableitens selbst. Da jedoch die Erfahrung vieler Jahre gegenwärtig zu der sichern Ueberzeugung geführt hat, dafs die ächte Naturforschung durch die Anhänger jener sogenannten Naturphilosophie eher zurückgehalten als gefördert worden ist, wie sich aus der nachfolgenden Uebersicht der Geschichte dieser Wissenschaft näher ergeben wird, so scheint es am zweckmässigsten, von

---

<sup>1</sup> Dieses ist selbst durch *Linx* in seiner bekannten Schrift: *Ueber Naturphilosophie*. Leipzig und Rostock 1806. 8. nicht geschehn. Dieser im Allgemeinen stattfindende Mangel an Bestimmtheit wurde schon früher in einer kritischen Zeitschrift gerügt.

jenem Mißbrauche zurückzukommen und die ursprüngliche Bedeutung des Wortes wieder herzustellen. Philosophie oder philosophische Behandlung irgend eines Zweiges der menschlichen Kenntnisse findet dem allgemeinen Sprachgebrauche nach nur dann statt, wenn die Einzelheiten nach ihrem innern Zusammenhange hauptsächlich als Ursachen und Folgen verbunden und wissenschaftlich zusammengestellt werden, Hiernach kann also die Philosophie der Natur oder die Naturphilosophie nur darin bestehen, daß man die durch Beobachtungen und Versuche erhaltenen Erfahrungen systematisch ordnet und zur wissenschaftlichen Begründung der Naturgesetze benutzt, wie dieses namentlich durch NEWTON geschehn ist; jedes andere, was man unter diesem Namen in die Wissenschaft unterzuschieben mehrmals versucht hat, kann nur als ein unächtcs und nachtheiliges Product des irregeleiteten Verstandes betrachtet werden<sup>1</sup>.

Kein Zweig irgend einer Wissenschaft steht ganz isolirt, alle sind mit andern verbunden, und wie der sie behandelnde menschliche Verstand als Einheit zu betrachten ist, so ließen sich auch jene insgesamt zu einem einzigen großen Ganzen vereinigen, wenn die Beschränktheit der menschlichen Anlagen erlaubte, sie sämmtlich zu umfassen. Dieser allgemeinen Verwandtschaft ungeachtet liegen jedoch dem einzeln behandelten Zweige einige näher, andere entfernter, und man unterscheidet daher Haupt- und Hülfswissenschaften. Auch auf die Naturlehre läßt sich hiervon eine Anwendung machen, und dieses um so mehr, je sichtbarer ihr Einfluß auf die verschiedensten Gegenstände des menschlichen Wissens sich herausstellt. Ein systematisches und im strengen Sinne vollständiges Studium derselben würde erfordern, zuerst mit dem historischen Theile vertraut zu werden, und dann zur Bearbeitung des philosophischen überzugehen; auch muß derjenige, welcher die Physik im engern Sinne zum Hauptfache gewählt hat, mit den sämmtlichen Theilen der Naturkunde im Allgemeinen wenigstens in einigem Grade vertraut seyn, eine nähere Prüfung ergibt je-

---

1 Es versteht sich von selbst, daß dieses Urtheil nur in soweit gilt, als die Naturphilosophie mit Physik oder mit Naturforschung identisch seyn oder dieser mindestens angehören soll. Was für einen Werth die Naturphilosophie übrigens habe, darüber erlaubt sich der Physiker, als solcher, kein Urtheil.

doch bald, daß *Logik*, *Mathematik*, *Chemie* und *Physiologie* für das Studium der Physik im engern Sinne als zunächst liegende und wichtigste Hilfswissenschaften genannt zu werden verdienen. Am leichtesten läßt sich übersehn, daß der Verstand, welcher Thatsachen auffassen, ihre Gültigkeit prüfen, über ihre verhältnißmäßige Wichtigkeit entscheiden, ihre Uebereinstimmung beurtheilen und sie zur Begründung allgemeiner, mit einander verbundener und sich gegenseitig unterstützender Gesetze benutzen soll, durch eine schulgerechte *Logik* gebildet seyn muß. Es ist jedoch nicht unbedingt nothwendig, mit dieser letztern Wissenschaft im Voraus theoretisch bekannt zu seyn, um demnächst für die genannten Operationen befähigt zu werden, vielmehr gewährt eine gründliche Anleitung zum Studium der Naturlehre selbst die Fähigkeit, nicht bloß über Gegenstände der Naturforschung, sondern auch bei allen andern Untersuchungen ein scharfes und richtiges Urtheil zu fällen. Einige, wenn gleich noch nicht gehörig umfassende und tiefe, Bekanntschaft mit der Natur und ihren Gesetzen hat sich in der letztern Zeit ziemlich allgemein verbreitet und auf ihr beruht hauptsächlich die Gewandtheit im Urtheilen, welche wir bei solchen Geschäftsmännern antreffen, die nicht in die historischen Disciplinen der eigentlich so genannten Schulgelehrsamkeit eingeweiht sind.

Das Verhältniß der *Mathematik* zur Naturforschung verdient vorzüglich gewürdigt und namentlich zur richtigen Beurtheilung des gegenwärtigen Zustandes der Physik gehörig berücksichtigt zu werden<sup>1</sup>. Zuvörderst ist man darüber allgemein einverstanden, daß die für die Naturlehre unentbehrlichen Beobachtungen und Versuche schon insofern, als meistens Messungen und Größenbestimmungen dazu erfordert werden, ohne Geometrie nicht statt finden können, und eben so wenig läßt sich in Abrede stellen, daß die Benutzung der erhaltenen Resultate zur Begründung allgemeiner und scharf bestimmter Gesetze der mathematischen Methode nothwendig bedürfe, denn das Wesen der Mathematik beruht eben auf der Schärfe und Allgemeinheit der aus gegebenen Prämissen abgeleiteten Schlussfolgerungen. Wollte man dieses aber so weit ausdehnen, als ob es eine eigenthümliche *mathematische Physik* gäbe, insofern

---

<sup>1</sup> Vergl. Bior Traité de phys. T. I. préface.

die Mathematik an sich geeignet sey, die Naturgesetze aufzufinden, so läge hierin eine falsche und in ihrer Anwendung höchst nachtheilige Ansicht; die Mathematik (Größenlehre) als solche kann die Gesetze der Natur nicht erforschen, denn diese werden bloß durch Beobachtungen und Versuche gefunden, welche zuvor gegeben seyn müssen, ehe die Mathematik die dabei vorkommenden Größen zu messen und allgemeine Bestimmungen hierüber festzusetzen beginnt. Die Richtigkeit dieser Ansicht läßt sich durch ein anderes Beispiel erläutern. So gewiß es höchst vortheilhaft ist, bei der Aufsuchung und Anordnung der zur bürgerlichen Geschichte gehörigen Thatfachen mit philosophischem Geiste zu verfahren, eben so zweckwidrig würde es seyn, wenn man vor der Ergründung der selbst erfahrenen oder durch Ueberlieferung erhaltenen Begebenheiten sogleich im Beginnen mit dem Philosophiren anfangen und sich dadurch von dem eigentlichen Gebiete der Geschichte, selbst der Wortbedeutung nach, entfernen wollte. Die Mathematik besteht zuerst als wissenschaftliche Form, ist rein, insofern sie sich von allen beschränkenden Bedingungen lossagt, um ihre Prämissen selbst aufzustellen und aus diesen die nothwendig folgenden Schlüsse nach der ihr eigenthümlichen Methode und mit Benutzung hierzu absichtlich gewählter Benennungen und Zeichen in höchster Allgemeinheit und Schärfe abzuleiten; ihre absolute Gewißheit beruht dabei auf der dem menschlichen Verstande als nothwendig sich aufdringenden Uebereinstimmung der Voraussetzungen und der daraus abgeleiteten Folgerungen. In der Physik sind die durch Beobachtungen und Versuche erhaltenen Bestimmungen entweder an sich Größen, oder werden als solche betrachtet, man substituirt sie an die Stelle der in der Mathematik willkürlich angenommenen Bedingungen und gelangt somit auf dem nämlichen Wege zu den gesuchten Schlüssen, welche dann als mehr oder minder allgemeine Gesetze vollständige Gültigkeit haben. Hierbei tritt aber sofort ein sehr wesentlicher Unterschied hervor, welcher darin besteht, daß die in der reinen Mathematik frei und ohne Beschränkung gewählten Prämissen absolut scharf bestimmt sind und im Voraus als unzweifelhaft gewiß betrachtet werden, welche beide Bedingungen den aus der Natur entnommenen in der Wirklichkeit abgehn. So construirt der Geometer die Bahn eines Lichtstrahls, welcher durch Glas von überall gleicher und genau gegebener

Brechungskraft bei scharf bestimmter Krümmung der Oberflächen geht, mit absoluter Schärfe, in der Wirklichkeit ist es aber oft unmöglich, durchaus homogenes Glas zu verfertigen, und eine im strengsten Sinne mathematisch genaue Form der Oberfläche kann auch die geübteste Hand des erfahrensten Künstlers nicht darstellen, weswegen die wirklich ausgeführten optischen Gläser allezeit hinter den theoretisch bestimmten rücksichtlich der gesuchten Schärfe zurückbleiben und dasjenige nicht leisten, was die Berechnung angiebt. Insbesondere wird übrigens das Bedürfnis der Mathematik für den Physiker fühlbar, wenn man berücksichtigt, daß die Resultate der Beobachtungen und Versuche unmöglich im Gedächtnisse festgehalten, noch weniger aber so kurz ausgedrückt und zu einem Ganzen vereinigt werden könnten, wenn dieses nicht durch die hierzu so vorzüglich geeigneten Zeichen und Ausdrücke der Mathematik möglich gemacht würde.

Indem die Art und Weise, wie man sich der Mathematik zur Auffindung der physikalischen Gesetze bedient, bereits erörtert worden ist<sup>1</sup>, so übergehe ich dieses und erlaube mir nur, über das gegenwärtig bestehende Verhältniß beider Wissenschaften gegen einander einige Worte hinzuzufügen. Offenbar fehlte es der Physik an der erforderlichen Schärfe und Bestimmtheit, so lange man in ihr die mathematische Methode anzuwenden versäumte, bis CARTESIUS und noch mehr NEWTON zeigten, wie viel sich hierdurch ausrichten lasse. Seit ihrer Zeit hat man den Werth der Mathematik sehr hoch angeschlagen, und es läßt sich wohl nicht verkennen, daß dieses neuerdings namentlich durch die Franzosen in zu übertriebenem Grade geschehn ist und bis zur Stunde von vielen Deutschen noch geschieht, zum Theil um dem Vorwurfe zu entgehn, als suchten sie ihre Unkenntniß dieser Wissenschaft durch Herabsetzung derselben zu entschuldigen. Wenn man es jedoch redlich mit der Förderung der Naturforschung meint und den gegenwärtigen Zustand der Physik eben so genau als vollständig überblickt, so läßt sich keinen Augenblick verkennen, daß wir für jetzt weit mehr der Beobachtungen und Versuche, als des Calculs und der geometrischen Formeln bedürfen, wovon die Ursache hauptsächlich darin liegt, daß man weit leichter an

---

1 S. Art. *Beobachtung* Bd. I. S. 890.



Schreibtische rechnen, als mit kunstreich zusammengesetzten und in der Behandlung schwierigen Apparaten experimentiren kann. Unleugbar hat die Chemie in den neuesten Zeiten so unglaubliche Erweiterungen erhalten, weil sie mit wenigen Apparaten und auf einen kleinen Raum beschränkt so viele Experimente gestattet, da der Physiker hingegen zuvor einen grossen Aufwand von Mühe und meistens von nicht geringen Kosten zu machen gezwungen ist, bis er die erforderlichen Apparate ersonnen und construiert hat, deren er zu seinen Versuchen bedarf und die noch obendrein oft zu nichts anderem, als dem zunächst vorliegenden einseitigen Zwecke, zu verwenden sind. Dafs die Mathematik dann nicht blofs von unglaublichem Nutzen, sondern zugleich auch ganz unentbehrlich sey, wenn die Erfahrungen bereits in genügender Anzahl und von der erforderlichen Gewifsheit vorhanden sind, unterliegt keinem Zweifel, im entgegengesetzten Falle aber kann sie durch ihre, dann nur scheinbar wichtige, wirklich vorhandene oder nur scheinbare absolute Evidenz sogar nachtheilig wirken. Dafs CARTESIUS und NEWTON durch die Anwendung der Mathematik die Wissenschaft so ausnehmend förderten, läfst sich leicht begreifen, wenn man berücksichtigt, dafs sie es zunächst mit den Gesetzen der Bewegung zu thun hatten, wozu es der Erfahrungen nur wenige bedarf, der Letztere aber legte seinen optischen Theorien eine Reihe der mühsamsten, genauesten, bis jetzt noch nicht übertroffenen Versuche zum Grunde, auch dürfen wir dreist annehmen, dafs der Heros unter den Neuern, der unsterbliche LA PLACE, in der Physik so viel nicht würde geleistet haben, wenn er nicht durch LAVOISIER in der Kunst des Experimentirens geübt und mit der grossen Wichtigkeit der Versuche vertraut gemacht worden wäre. Begnügt man sich daher mit wenigen und nicht einmal hinlänglich begründeten Erfahrungen, so wird auch der gelehrteste Calcül von keinem Nutzen seyn; sind jene dagegen im strengsten Sinne genügend, so kann selbst durch den einfachsten oft ausnehmend viel gewonnen werden. Beweise hierfür lassen sich in genügender Menge und von hinlänglichem Gewichte leicht beibringen. Unter andern werden die mathematischen Untersuchungen von HUYGHENS und MALUS über die doppelte Brechung des Lichtes ihren bedeutenden Werth nie verlieren, des grossen Gewinnes nicht zu gedenken, welchen die Wissenschaft dem Calcül bei

der Lösung des Problems der Ebbe und Fluth und über die Gestalt der Erde verdankt, dagegen haben die eben so ausführlichen als schwierigen Berechnungen von EULER und LAGRANGE die Lehre vom Schalle nicht gefördert, welche durch CHLADNI's sinnreiche Experimente zuerst eine feste Grundlage erhalten hat, FOURIER's großes und tiefgelehrtes Werk über die Wärme kann seinen hohen Ruhm in der mathematischen Literatur nicht verlieren, aber kein Physiker hat bisher eine erwünschte Aufklärung über das Wesen und das Verhalten jener wichtigen Potenz dadurch gewonnen, AEPINUS hat die Elektrizitätslehre theoretisch trefflich behandelt, aber die Versuche von VOLTA, OERSTED und FARADAY haben den Gegenstand selbst bedeutend gefördert, TOB. MAYER's Formeln über die mit der Höhe und nach den Polen hin abnehmende Wärme verdienen allerdings Achtung, aber es bedurfte erst der zahlreichen Beobachtungen eines AL. VON HUMBOLDT, um hierüber die unentbehrliche Aufklärung zu erhalten. Fragen wir endlich nach Beweisen des aufgestellten Satzes, nämlich daß wir gegenwärtig zur Förderung der Physik als Wissenschaft weit mehr der Versuche als des Calcüls bedürfen, so sind diese nicht weit zu suchen. Noch ist der Unterschied des Verhaltens der strahlenden und der fortgeleiteten Wärme nicht genügend erforscht, die bereits vorhandenen zahlreichen Untersuchungen über die Wärmeleitung der verschiedenen Körper bedürfen noch einer bedeutenden Erweiterung, die Pyrometrie ist noch in ihrer Kindheit, die Verschiedenheit in den Wirkungen der Thermo-, Hydro- und Reibungs-Elektricität erfordert noch eine Menge neuer Untersuchungen, der tellurische Magnetismus erfreut sich zwar einer übergroßen, täglich wachsenden Menge von Beobachtungen, aber noch ist das Ganze zur definitiven Entscheidung nicht hinlänglich gereift, wir kennen den mittlern Barometerstand und die täglichen Schwankungen des Barometers von sehr vielen Orten, aber die neuerdings hinzugekommenen Erfahrungen bezeugen sattsam, daß die Acten zur genügenden Erklärung dieses Phänomens noch keineswegs vollständig sind, wieviel aber endlich im weitläufigen Gebiete der Meteorologie noch zu thun sey, dieses einzeln darzuthun würde zu so weitläufigen Erörterungen führen, daß ich es lieber den Physikern selbst überlasse, diesen ihnen wohlbekannten Gegenstand auch ohne weitere Nachweisung zu beurtheilen.

Kaum dürfte es nöthig scheinen, zum Beschlufs dieser ausführlichen Betrachtung noch folgendes hinzuzufügen. Sind die zur Begründung eines mehr oder minder allgemeinen Naturgesetzes erforderlichen, hinlänglich zahlreichen und sichern Erfahrungen vorhanden, so kann man das Gesetz selbst zwar in Worten ausdrücken, leichter, mit mehr Bestimmtheit und ungleich kürzer ist es aber, wenn man mit Hülfe der Geometrie einen analytischen Ausdruck dafür sucht, oder diejenige Linie zur Bezeichnung wählt, welche gleichsam ein Bild jener Formel ist. Zur Erläuterung dieses Satzes möge unter zahllosen andern nur das einfache Gesetz des freien Falles der Körper dienen. Dieses heifst in wörtlicher Bezeichnung: die durchlaufenen Räume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten multiplicirt mit einer beständigen Gröfse. Ungleich kürzer und bestimmter sagt der Geometer  $S = t^2 g$ , wenn  $S$  den Raum,  $t$  die Zeit und  $g$  die Fallhöhe in einem Zeithetheile bezeichnen, und weist dann zugleich nach, dafs dieser analytische Ausdruck durch die apollonische Parabel sinnlich dargestellt wird. Hierbei darf jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, dafs bei der Anstellung von Beobachtungen und Versuchen sowohl Messungen als auch Gröfsen- und Verhältnifs-Bestimmungen ganz unentbehrlich sind, man also die Mathematik bei diesen eben so wenig, als bei der Aufstellung der allgemeinen Gesetze entbehren kann. Auf welche Weise übrigens Experimente anzustellen sind, um den Forderungen zu genügen, die man gegenwärtig nach dem Zustande der Wissenschaft zu machen berechtigt ist, dieses läfst sich am besten aus wirklichen Beispielen entnehmen und können in dieser Hinsicht die Versuche von LAVOISIER und LAPLACE zur Bestimmung der Ausdehnung verschiedener Körper durch Wärme, von DÜLONG und PETIT zur Auffindung der Volumensänderung des Quecksilbers bei verschiedenen Temperaturen, von COULOMB über das Verhalten der Drehwaage, von KATER über die absolute Gröfse der englischen Masse und Gewichte, von BESSEL zur Ausmittlung der Länge des einfachen Secundenpendels, von FRAUNHOFER über die Inflexion des Lichtes und mehrere andere als vorzügliche Muster dienen.

Zur Anstellung hauptsächlich der Versuche, aber auch der Beobachtungen, bedarf man eine Menge zum Theil sehr zusammengesetzter und kostbarer Werkzeuge, die man mit dem gemeinschaftlichen Namen der *Apparate* bezeichnet, meistens

systematisch ordnet und zusammengekommen zugleich mit den zu ihrer Aufstellung dienenden Zimmern ein *physikalisches Cabinet* nennt. Sammlungen dieser Art sind, wie die Bibliotheken, reicher oder dürftiger, vollständiger oder unvollständiger; eine absolute Vollständigkeit derselben ist schwer bestimmbar und kann in der Wirklichkeit wohl überall kaum erreicht werden. Die reichsten und schönsten sind gegenwärtig wegen ihrer Kostbarkeit das Eigenthum und zugleich eine Zierde der Universitäten und öffentlichen Lehranstalten, wie z. B. der École polytechnique und der Universität zu Paris, der Universität zu Edinburg, des polytechnischen Instituts und der Universität zu Wien und der Universitäten zu München und zu Dorpat; kleinere und minder vollständige giebt es ausserdem in Menge, und diese dienen meistens ausschliesslich zur Erläuterung der Vorträge über Experimentalphysik. Ein grosser Theil der ältern Apparate zeigt noch deutlich die Unvollkommenheit der Technik und mechanischen Fertigkeit jener Zeiten und die Mehrzahl derselben ist nach schwachen Analogiën benannt, anstatt dass gegenwärtig der Name zugleich die Bestimmung auszudrücken pflegt oder vom Erfinder hergenommen ist, welches auch früher mitunter zu geschehn pflegte. Als Beispiele einer spielenden Benennung lassen sich anführen das Sieb der Vestalinnen, der künstliche Tantalus, der Oelkrug der Witwe von Zarpach u. s. w., die Sache selbst bezeichnend sind die Namen Thermometer, Barometer, Luftpumpe und viele andere, von den Erfindern entlehnt dagegen GUERICKE's Halbkugeln, der *tubus Volderianus*, ROBEVAL's *problema staticum*, VOLTA's Säule u. s. w.; zuweilen endlich verbindet man den Namen des Erfinders mit dem bezeichnenden des Werkzeugs, z. B. BRAMAN's hydraulische und REAL's hydrostatische Presse, COULOMB's elektrische Waage, DAVY's aphlogistische Lampe, MARIANINI's Boussole, MAYER's Inflexioskop und viele andere. Gegenwärtig sucht man nicht sowohl die Menge der Apparate zu vermehren, als vielmehr ihre Güte und Brauchbarkeit zu erhöhen, indem man hauptsächlich danach strebt, die aus der Beschaffenheit der angewandten Substanzen und der Bewegung erwachsenden Hindernisse zu beseitigen oder zu vermindern, damit sie beim Gebrauche dasjenige genau messen und zeigen, was man zu beobachten wünscht. Insofern dieses aber nicht blos schwierig, sondern die Vermeidung aller Fehler

meistens ganz unmöglich ist, erfordern die Beobachtungen in der Regel Correctionen constanter oder wechselnder Fehler, die sich in einigen Fällen ziemlich genau bestimmen, in andern jedoch nur nach Wahrscheinlichkeit schätzen lassen. Eine ohne Autopsie kaum mögliche, wo nicht vollständige, doch mindestens das Wichtigste umfassende Kenntniß der bereits erfundenen und vielfach verbesserten Apparate gehört zu den nicht eben leichten Obliegenheiten des Physikers und wird keineswegs sehr allgemein angetroffen, weswegen auch so oft die bereits vorhandenen und von den meisten vergessenen oder ihnen unbekannt gebliebenen abermals als neu erfunden zum Vorschein kommen. Zur Anstellung neuer Versuche müssen oft neue Apparate ersonnen oder die vorhandenen abgeändert werden, welche Aufgabe einen nicht leichten Theil der Kunst zu experimentiren ausmacht.

Das Verhältniß der Physik zur *Chemie* ist oft in Untersuchung gezogen worden, hauptsächlich in Beziehung auf die Frage, welche von beiden beim Studium vorangeht oder folgt. Im Allgemeinen ist vorläufig wohl mit Sicherheit anzunehmen, daß beide Zweige sehr nahe mit einander verwandt sind, nie gänzlich getrennt werden können, dagegen stets vereint bleiben und mit wechselseitiger Unterstützung durch einander bearbeitet werden müssen. Ungleich schwieriger dagegen ist es zu bestimmen, welche von beiden beim Studium vorangehn oder nachfolgen soll. Ohne Widerrede ist es für den Physiker bei seinen Forschungen unentbehrlich zu wissen, was in der Chemie über die eigentliche Beschaffenheit der Körper und der Theile, woraus diese zusammengesetzt sind, nebst den hierbei vorkommenden Veränderungen und überhaupt den in dieser Beziehung sich zeigenden Erscheinungen bereits aufgefunden worden ist, und in dieser Hinsicht könnte man allerdings schließen, daß diese Wissenschaft den Anfang bilden müsse. Eben so unleugbar ist es dagegen zugleich, daß die vom Chemiker bei seinen zahlreichen Operationen anzuwendenden Mittel insgesamt aus den Naturkräften entlehnt sind, deren zur Physik gehörige Untersuchung daher schon vorher beendigt seyn mußte. Wie weit man auch diese Betrachtungen fortsetzt, so wird man doch schwerlich je ein aus dem Wesen beider Wissenschaften entnommenes entscheidendes Argument finden, welches der einen oder der andern das unbestreitbare Recht sicherte, beim

Studium voranzugehn, es sey denn, daß man das von BIOT<sup>1</sup> aufgestellte als gültig anerkennen wollte, wonach der Physik, als dem Allgemeineren, vor der Chemie, als dem Besondern, der Anfang gebührt.

Die *Physiologie*, die man füglich auch Physik der belebten Natur nennen dürfte, kann der auf das Unbelebte beschränkten Physik wohl keine bedeutende Hülfe leisten, wie groß auch immer diejenige seyn mag, welche die letztere jener gewährt. Indem ich sie aber dennoch unter den Hülfswissenschaften aufgezählt habe, so berücksichtigte ich hierbei zunächst nur die Physiologie der Sinneswerkzeuge, weil zwar allerdings die hierauf bezüglichen Gesetze schon vor dieser speciellen Anwendung durch anderweitige Mittel gehörig bestimmt seyn müssen, dennoch aber aus dem Baue und der kunstreichen Anordnung der Theile jener Organe manches zur nähern Begründung jener Gesetze entnommen werden kann. So hätte man aus der Umgebung des Gehörnerven durch Wasser schon von den hierüber angestellten Versuchen schließen können, daß die tropfbaren Flüssigkeiten allerdings den Schall leiten, und wirklich schlossen L. EULER und KLINGENSTIERNA aus dem Baue des Auges, daß durch Vereinigung ungleich farbenbrechender Körper Achromatismus zu erreichen sey, was dann Veranlassung gab, achromatische Objective zu verfertigen. Im Ganzen ist übrigens die Frage zu unwichtig, als daß sie Gegenstand weitläufiger Verhandlungen werden sollte.

### Nothwendigkeit und Nutzen der Naturforschung.

Bei der allgemeinen Betrachtung einer Wissenschaft muß zugleich von ihrem Nutzen die Rede seyn, weil sich hiernach der Aufwand von Zeit, Mühe und Kosten bestimmen läßt, welchen man derselben zuzutheilen berechtigt ist, und aus diesem Grunde wird diese Frage auch jederzeit in den Einleitungen zu den physikalischen Lehrbüchern erörtert. Es ist dabei durchaus nicht schwierig, sowohl den objectiven, als auch den subjectiven Nutzen der Naturlehre nachzuweisen, und ist man hierüber

---

1 *Traité de Physique* T. I. p. 8. C'est ainsi, que l'étude de la physique est utile à la chimie, à la médecine, à la physiologie, soit végétale, soit animale, et doit nécessairement les précéder.

so allgemein und vollkommen einverstanden, daß in dieser Beziehung alle ausführliche Nachweisungen als überflüssig erscheinen müssen. Es läßt sich nämlich ohne sonderliche Mühe dathun, daß unter den bestehenden menschlichen Verhältnissen ein stets fortschreitendes, unausgesetztes Studium der Natur nothwendig ist, denn die Zahl der Bewohner unsrer Erde vergrößert sich täglich, und wenn man auch alle Gegenstände der Bequemlichkeit und des Luxus abrechnet, so vermag der Boden ohne alle Cultur nicht so viel hervorzubringen, als erfordert wird, sie insgesamt zu ernähren. Wollten die Menschen zum Unterhalte durch Fischerei, Jagd und Benutzung wildwachsender Pflanzen zurückkehren, so müßten in bevölkerten Gegenden mindestens zwei Drittheile derselben durch Hunger umkommen, und auch durch das frühere Nomadenleben wäre diesem Uebel nicht abzuhelfen, wie die Erfahrung der größern Völkerwanderungen satksam beweist. Damit aber die Natur productiver werde, muß man ihre Kräfte und die Gesetze, wonach diese sich wirksam zeigen, genau kennen, um hierauf gestützt die geeigneten Mittel zur Erreichung einer größern Production in Anwendung zu bringen. Der Mensch will jedoch nicht bloß genährt werden, sondern als feineres geistiges und denkendes Wesen geht er vielmehr über die bloß thierischen Bedürfnisse hinaus und verlangt zugleich angenehm zu leben, er strebt nach höhern geistigen und irdischen Genüssen, nach Bequemlichkeiten und Vergnügungen, woraus unmittelbar das Bestreben nach dem Austausch der verschiedenen Natur- und Kunst-Producte hervorgeht und die Veranlassung zum Handel und zur Schifffahrt gegeben wird. Alles zusammengenommen beruhen hierauf die jetzt blühenden Künste des Friedens im Gegensatz der unter wilden Völkern nie aufhörenden Fehden und Kämpfe, wozu die unregelte Thatkraft, Mangel an Arbeit und die Begierde sie treibt, von andern mit Gewalt zu nehmen, was sie selbst durch Kunstfleiß zu erwerben nicht vermögen. Auf der Kenntniß und Benutzung der Naturkräfte und ihrer unwandelbaren Gesetze beruht aber die gesammte Mechanik, die Technologie, das Fabrikenwesen, der Bergbau nebst der Hüttenkunde und fast unmittelbar auch die höhere Agricultura, weswegen es überflüssig ist, im Einzelnen nachzuweisen, wieviel alle diese mit Einschluss der Schifffahrt durch das erweiterte Studium der Natur gewonnen haben.

Da alles dieses aus zahllosen Thatsachen mit höchster Evidenz hervorgeht, so überhebe ich mich der Mühe, hierüber nur noch ein Wort zu sagen, und benutze vielmehr die Gelegenheit, einem andern, von Unkundigen oft ausgesprochenen Vorurtheile zu begegnen, daß nämlich die gegenwärtig so hoch gesteigerte Industrie und namentlich das Maschinenwesen dem Wohlseyn einer großen Menge von Menschen, namentlich aus den niedern Ständen, hinderlich sey. Im Allgemeinen ist es für einen gegebenen Ort, eine Provinz oder ein Land nothwendige Bedingung, daß so viel, als zum Unterhalte und zur Befriedigung der nothwendigsten Bedürfnisse seiner Bewohner erfordert wird, entweder durch den Boden erzeugt, oder durch gegenseitigen Austausch eingeführt werde, wobei sich von selbst versteht, daß in Folge einmal eingeführter und durch sich selbst auf gewisse Weise begründeter Verhältnisse, deren Untersuchung hier zu fern liegt, in sehr bedeutenden Abstufungen einige Menschen mehr, andere weniger verwenden. Da in dieser Hinsicht seit undenklichen Zeiten nie eine vollkommene Gleichheit stattgefunden hat, so muß diese Ungleichheit durch die Sache selbst nothwendig begründet seyn, wie sich erforderlichen Falls auch leicht nachweisen ließe. Auf gleiche Weise findet man bei den Menschen im Ganzen oder mindestens bei weitem der Mehrzahl nach das Bestreben, durch den geringsten Aufwand die größte Menge von Bequemlichkeiten und Genüssen zu erhalten, womit jedoch einige zugleich eine weit größere Anstrengung verbinden, als andere. Hieraus folgt aber nothwendig, daß Maschinen construirt werden, wenn man durch diese den eben genannten Zweck besser erreicht; es läßt sich dieses, was aus dem Wesen der Sache und den natürlichen Anlagen der Menschen nothwendig folgt, weder ganz beseitigen, noch auch nur einmal beschränken, wenn man die unveräußerliche Freiheit nicht ganz aufheben will, und somit werden die Forderungen, welche die Technik an die Naturwissenschaften um Aushülfe und Unterstützung macht, nie abnehmen, sondern stets sich vermehren. Außerdem kann über die Zulassung der Maschinen im Allgemeinen kein Streit seyn, denn auch der Spinnrocken, der Pflug, die Sense und selbst der Spaten sind Maschinen, von denen, als den einfachsten, man zu den allerzusammengesetztesten aufsteigt, ohne daß sich eine Grenze bestimmen läßt, bei welcher man aufhören müßte.



Ist hiernach die Nothwendigkeit der Naturforschung und namentlich der Physik erwiesen, wird es aus dem Gesagten klar, warum auf wissenschaftliche und Entdeckungsreisen, auf neue Erfindungen, auf die Unterhaltung gelehrter Gesellschaften, deren Streben hauptsächlich auf die Erweiterung der Naturwissenschaften gerichtet ist, so große Summen verwandt werden, weil man im Voraus nicht wissen kann, wohin neue Entdeckungen führen, wenn nur die in so hohem Grade nützliche Wissenschaft eine Erweiterung dadurch erhält, so scheint es zwar unnöthig, von ihrem objectiven Nutzen noch weiter zu reden, dennoch aber läßt sich in dieser Beziehung noch manches nicht Unbedeutende anführen. Namentlich heißt es zwar oft, daß die philologischen Disciplinen die höhere geistige Cultur über das westliche Europa verbreitet haben, und dieses ist auch allerdings richtig, wenn man zunächst auf den Anfang sieht, welcher mit den Sprachen der Alten beginnen mußte, weil man nur mittelst dieser die von jenen überlieferten Kenntnisse sich aneignen konnte, allein bei näherer Betrachtung gewahrt man bald, daß die Naturwissenschaften es eigentlich waren, welche Vorurtheil und Aberglauben verscheuchten und dem menschlichen Wissen ein eben so unmeßbar großes Feld eröffneten, als eine unwandelbar feste Grundlage sicherten. Nicht bloß die überlegenen Verstandeskkräfte eines COPERNICUS, GALILEI, KEPLER, HUYGHENS, NEWTON, LA PLACE und anderer, sondern auch die Erfindungen der Buchdruckerkunst, der Uhren, der achromatischen Fernröhre, der Mikroskope, der Dampfmaschinen u. s. w. bezeichnen die Epochen der unhaltbar fortschreitenden Cultur, die den Aberglauben an Hexen, böse Geister und Wunderkräfte für immer verscheucht hat.

Mit diesen Untersuchungen steht eine Frage in unmittelbarer Verbindung, welche noch gegenwärtig keineswegs als gleichgültig betrachtet werden darf. Manche glauben nämlich, daß die Naturforschung zum absoluten Materialismus und zum Zweifeln in Gegenständen der Religion und des Glaubens führe, ja in England war man deswegen am Ende des vorigen Jahrhunderts so ernstlich besorgt, daß öffentlich auf eine Untersuchung dieses Gegenstandes angetragen wurde<sup>1</sup>. Auf den ersten Blick hat dieser Vorwurf allerdings einigen Schein für sich, der jedoch

---

1 A Confutation of Atheisme &c. By Dr. VINCE. Lond. 1807.

bei näherer Prüfung gänzlich verschwindet. Der Naturforscher untersucht nämlich die Materie bis auf ihre verschwindend kleinen Theile und prüft deren Veränderungen und wechselseitigen Modificationen bis in ihre verborgensten Verzweigungen, er verfährt hierbei überall mit Anwendung von Mafs und Gewicht, darf dabei nichts als wahr annehmen, was nicht in der Erfahrung sattsam begründet ist, darf überall nicht meinen oder zu unbekannten Potenzen und Kräften seine Zuflucht nehmen, kurz er darf nur dasjenige glauben und für ausgemacht halten, was er selbst erfahren oder von glaubhaften Gewährsmännern als das Resultat ihrer Erfahrungen erhalten hat, und namentlich mufs der Physiker zwar kein blinder, aber allerdings ein vorsichtiger Skeptiker seyn, wenn er nicht Gefahr laufen will, auf Irrwegen nutzlos herumgeführt zu werden, weil die Geschichte lehrt, dafs kaum etwas erdacht werden kann, was nicht als Resultat glaubhaft versicherter Erfahrungen bereits bekannt gemacht worden ist. Mufs man gleich alles dieses zugestehn, so darf doch auf der andern Seite nicht unerwogen bleiben, dafs der Naturforscher seine Wissenschaft nur denjenigen Forderungen gemäfs behandelt, welche dieselbe unbedingt an ihn macht, ohne dafs er selbst in diese oder dafs diese in sein ganzes Wesen übergeht, also ohne sich dadurch der Freiheit und des Rechts zu begeben, in allen andern Dingen auf eine ganz abweichende Weise zu verfahren. Abgesehn hiervon, was an sich klar ist, läfst sich noch ausserdem ohne Mühe darthun, dafs ein den gerechten Forderungen genügendes Studium der Natur vielmehr von dem bezeichneten Materialismus und dem Unglauben in Gegenständen des moralischen und religiösen Glaubens zurückhält, und die deswegen besorgten Britten hatten wahrlich nicht überlegt, dafs ja Christus<sup>1</sup> selbst und seine Apostel<sup>2</sup> auf die Betrachtung der Naturwunder als das geeignetste Mittel verweisen, um über die wesentlichsten Punkte einer geläuterten Religion zur festbegründeten Ueberzeugung zu gelangen<sup>3</sup>. Aber

---

1 Evang. Matth. Cap. VI. v. 26 ff.

2 Pauli epist. ad Rom. Cap. I. v. 19.

3 Dem Physiker als solchem gebührt es nicht, die für ihn bezeichneten Grenzen zu überschreiten und aus der Gröfse des Weltalls nebst der darin herrschenden Ordnung den Beweis für einen höchsten Schöpfer und Regirer des Ganzen herzunehmen; wohl aber kann der Theolog und Philosoph zu diesem Zwecke dasjenige be-

nicht bloß die Betrachtung der Naturwunder im Ganzen führt zum religiösen Glauben, wie es in den angeführten Stellen auch dem ungebildeten Verstande anschaulich gemacht wird, sondern je tiefer der forschende Verstand in das Innere der Natur und ihrer unwandelbaren Gesetze einzudringen sich bestrebt, um so fester muß seine Ueberzeugung in übersinnlichen Dingen begründet werden. Allerdings ist die Außenwelt im Kleinen wie im Großen in einem bedeutenden Umfange und bis in die verborgensten Tiefen bereits erforscht, die Apparate zur Beförderung unserer Kenntnisse hierüber sind außerordentlich vervielfacht und verbessert worden; aber dennoch überzeugt man sich bald, daß der menschliche Verstand sich nur gleichsam in der Mitte eines unermesslichen Ganzen befindet, dessen Umfang er nicht zu übersehn und dessen verschwindend kleine Theile er nicht zu erkennen vermag. Vergebens bemüht sich der fleißige Forscher, die Grenzen des Weltalls zu erspähn, die unerreichbar stets weiter hinausrücken, selbst wenn er seiner Phantasie einen kühnen Flug in die unermesslichen Räume gestattet, und eben so fruchtlos ist sein Bemühen, wenn er mit unermüdlicher Geduld die kleinsten Theile der Körper kennen zu lernen strebt, aus denen das großartige Ganze zusammengesetzt seyn muß. Wohl erkennt er überall Uebereinstimmung und innern Zusammenhang, allerdings gelangt er zur Kenntniß allgemeiner Gesetze, deren absolute und unumstößliche Gewißheit dem nach Wahrheit strebenden Verstande wohlthätig zusagt, allein stets findet er zugleich, daß noch vieles unerkannt bleibt, dessen Menge, verbunden mit den unüberwindlichen Schwierigkeiten, die sich sogleich im Beginnen seinen Bemühungen nach richtiger

---

nutzen, was die Physik hierüber darbietet. In dieser Beziehung erwähne ich nur eine interessante Folgerung, welche der große und gewiß Vertrauen verdienende Geometer LA PLACE im Syst. du Monde. Paris 1824. T. II. p. 393. aus der Ordnung des Planetenlaufes ableitet: Des phénomènes aussi extraordinaires ne sont point dus à des causes irrégulières. En soumettant au calcul leur probabilité, on trouve qu'il y a plus de deux cent mille milliards à parier contre un, qu'ils ne sont point l'effet du hasard; ce qui forme une probabilité bien supérieure à celle de la plupart des événemens historiques dont nous ne doutons point. Nous devons donc croire, au moins avec la même confiance, qu'une cause primitive a dirigé les mouvemens planétaires.

Einsicht entgegenstellen, ihn bald zu der Ueberzeugung führt, daß sein endlicher Verstand die ins Unendliche hinausrückende Aufgabe zu lösen niemals im Stande seyn werde. Auf der einen Seite erzeugt dieses Bescheidenheit in der Würdigung der eignen Kräfte, auf der andern aber führt eben die innere Evidenz des wirklich Erkannten zu der festen Ueberzeugung, daß es noch Höheres, Unerkennbares geben müsse, und beides sichert gleichmäfsig gegen das anmaßende und wahrhaft frivole Streben, über alles urtheilen, alles entscheiden zu wollen, was auch der Erfahrung nach bei dem ächten Naturforscher nie gefunden wurde. Mag dieser auch noch so sehr Anhänger der Corpusculartheorie seyn und diesernach die selbstständige Existenz von Kräften im Bereiche der todtten Natur bezweifeln, nie wird es ihm dennoch in den Sinn kommen, alle Erscheinungen aus dem bloßen Conflict der verschiedenartigen Materie ohne die Mitwirkung von Kräften erklären zu wollen, und wenn er sich schon im Gebiete der organischen Natur gezwungen fühlt, eine stets thätige Lebenskraft anzunehmen, deren Wesen und eigentliche Beschaffenheit er zu ergründen sich so lange vergebens bemüht hat, um so mehr wäre es die höchste Inconsequenz und ein eigentlicher Widerspruch gegen die einmal gewählte und mit dem glücklichsten Erfolge stets beibehaltene Methode der Forschung, wenn er dieses dunkle Gebiet überspringen, über das Uebersinnliche urtheilen, das Geistige im Menschen zu erkennen vorgeben oder gar auf den Conflict des Materiellen zurückführen, endlich selbst über höhere Geister und über den Urheber aller Dinge sich ein entscheidendes Urtheil anmaßen wollte. Wie bereits oben bemerkt worden ist, da, wo die Kenntniß der Natur aufhört, beginnt der Glaube, und letzterer wird um so ächter, ernster und gewisser, je begründeter die Ueberzeugung ist, daß die Naturforschung bis dahin nicht gelange und beide daher stets getrennt bleiben müssen.

Außer dem hier genügend nachgewiesenen objectiven Nutzen gewährt die Naturforschung noch einen subjectiven, welcher gleichfalls gewürdigt zu werden verdient. Nicht bloß die Kenntnisse, die sie uns verschafft, sind nützlich, sondern das Studium selbst und die Mittel, uns jene zu verschaffen, wirken vortheilhaft auf die Ausbildung unserer geistigen und Verstandesanlagen. Schwerlich bedarf es weitläufiger Beweise, um

diese Behauptung genügend zu begründen. Schon aus den vorhergehenden Betrachtungen folgt, daß das tiefere Eindringen in die Operationen der Natur das Gemüth des sittlich guten Menschen zur Bescheidenheit und zu ächter Religiosität führt, von der andern Seite aber wirkt es erhebend, neben der Ueberzeugung von dem vielen, was der unüberwindlichen Schwierigkeiten wegen dem menschlichen Verstande stets verborgen bleiben wird, zu dem Bewußtseyn von der großen Menge von Problemen zu gelangen, deren sichere Lösung die Kraft des forschenden Geistes bezeugt. Wenn man unter andern nur berücksichtigt, daß es dem Nachdenken gelungen ist, aus den Schwingungen eines schweren Körpers an einem Faden die Abplattung der Erdkugel zu bestimmen, die wegen ihrer Größe dem unkundigen Beobachter als ein ebener Körper erscheint, so dringt sich unwillkürlich die erfreuliche Betrachtung auf, mit welchem befriedigenden Erfolge der forschende Verstand die festbegründeten Gesetze der Natur kennen zu lernen sich bestreben darf. Zugleich aber liegt in dem Wesen dieser Gesetze und der Methode, nebst den zu ihrer Erforschung nothwendigen Erfordernissen, der eigenthümliche Grund, daß alle diese Operationen so ausnehmend vortheilhaft auf eine zweckmäßige Ausbildung der Denkgesetze wirken. Daß das Studium der Mathematik schon an sich wegen der absoluten Bestimmtheit der Prämissen und der unbedingten Nothwendigkeit der hieraus gefolgerten Schlüsse das Nachdenken schärfe, hat man nie in Zweifel gezogen, aber eben so gewiß ist zugleich, daß man namentlich in der eigentlichen Physik nur durch Anwendung eben dieser mathematischen Methode zur Auffindung und Begründung der Naturgesetze gelangen könne, indem hierbei bloß der Unterschied stattfindet, daß in der Mathematik die Bedingungen willkürlich gewählt, in der Physik dagegen aus der Wirklichkeit entnommen werden. Eben hieraus erwächst aber ein überwiegender, der letztern Wissenschaft unzweifelhaft zukommender Vorzug, welcher einen mehr als genügenden Ersatz dafür gewährt, daß die aus der Natur entnommenen und den Berechnungen zum Grunde liegenden Bestimmungen ungleich verwickelter und nicht allezeit eben so unbezweifelt gewiß sind, als diejenigen, welche die reine Mathematik sich selbst wählt. Diejenigen Gesetze nämlich, welche in der Physik aus den Erfahrungen abgeleitet werden, müssen allgemein

und in der Natur selbst wirksam seyn. Jede neue Beobachtung, jeder neue Versuch muß daher Resultate geben, die mit ihnen übereinstimmen, und wenn dieses nicht der Fall ist, so kann der Naturforscher darin keine Entschuldigung finden, daß das Gesetz selbst nur auf einer willkürlichen Bestimmung beschränkter Geister beruhe, sondern da ein jedes derselben höhern Ursprungs ist, so muß er zugestehn, daß an ihm selbst der Fehler liege, ja es wird ihm zugleich auch durch die Naturerscheinungen selbst Gelegenheit gegeben, die Ursachen der begangenen Fehler aufzufinden, diese zu berichtigen und hieraus zu lernen, wie er künftig ähnliche vermeiden und richtiger schließen könne. Alles dieses ist so einleuchtend und unwidersprechlich, daß man mit Sicherheit auf einen stets wachsenden und mehr allgemeinen Eifer in der Erforschung der Naturgesetze hoffen darf, als welcher sich bisher neben den allerdings vielen und großartigen einzelnen Bestrebungen gezeigt hat.

### Geschichtliche Uebersicht der Naturwissenschaften.

Als Einleitung in eine Wissenschaft verlangt man eine geschichtliche Uebersicht ihrer Entstehung und allmäligen Ausbildung, und billig sollte diese daher auch hier gegeben werden, allein einestheils ist die Geschichte der Physik ausnehmend weitläufig, sobald man nur einige Vollständigkeit verlangt, so daß das hierüber vorhandene vorzüglichste deutsche Werk keinen kurzen Auszug gestattet<sup>1</sup>, andernteils ist bereits bei den einzelnen Lehren die Geschichte ihrer Auffindung und spätern Bearbeitung mitgetheilt worden, so daß es unmöglich seyn würde, vielfache Wiederholungen des anderwärts Gesagten hier zu vermeiden. Es scheint mir daher am zweckmäßigsten, den allgemeinen Fortgang der physikalischen Wissenschaften nach den einzelnen Hauptmomenten nur kurz zu bezeichnen.

Der Veranlassungen zur Beobachtung der Naturerscheinun-

---

1 Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten von J. C. FISCHER. Gött. 1801 bis 1808. VIII Th. 8. Die Geschichte der Mathematik und Astronomie ist wegen der innigen Verwandtschaft dieser Wissenschaften von der der Physik unzertrennlich. DE LOYS Abrégé chronologique pour servir à l'histoire de physique. Strassb. 1786 — 1788. III T. 8. enthält zwar einige Materialien, aber in größter Unordnung.

gen giebt es eine so überwiegende Menge und sie liegen anserdem so nahe, daß man den Anfang der Naturkunde füglich in das höchste Alterthum hinaufrücken könnte, auch ist in den ältesten geschichtlichen Urkunden von einer Anwendung der physikalischen Gesetze auf die Fabrication der nöthigsten Kunstproducte sogleich nach der Entfernung des Menschengeschlechts aus dem Paradiese die Rede. Solche rohe, zur Befriedigung der ersten und einfachsten Bedürfnisse erforderliche Versuche mußten auch nothwendig beim ersten Beginnen einiger Cultur gemacht werden, indess läßt sich dennoch nicht bestimmen, in welches Zeitalter selbst diese hinaufzurücken sind und in welchem Grade die vorhandenen ältesten Urkunden in dieser Beziehung Glauben verdienen; hierüber zu entscheiden kommt dem Physiker als solchem ohnehin nicht zu. Auf jeden Fall aber haben jene ältesten Leistungen keinen wissenschaftlichen Gehalt, und wenn daher von der Naturkunde als Wissenschaft die Rede ist, so bleibt ihr Anfang ungewiß und verliert sich in die dunkelsten Zeiten des höchsten Alterthums. Man hat zwar verschiedentlich die Weisheit und die Kenntnisse der *Indier* hoch angeschlagen, allein genauere und vorurtheilsfreie Forschungen haben keineswegs hiermit übereinstimmende Resultate gegeben, und wenn sich bei ihnen auch verschiedentlich Spuren mancher technischen Kenntnisse finden, so berechtigt dieses dennoch nicht dazu, hiervon auf eine eigentliche Pflege der Wissenschaften zu schließen<sup>1</sup>. Wegen der oben erwiesenen Nothwendigkeit des Studiums der Naturkunde darf man übrigens mit Grunde annehmen, daß dasselbe bei beginnender Cultur allen andern wissenschaftlichen Disciplinen vorangehe und mit den letzteren demnächst gleichmäÙig Schritt halte. Läßt sich daher nachweisen, daß ein Volk nur einige Bildung gehabt habe, so berechtigt dieses zu der Voraussetzung, daß es in den Naturwissenschaften nicht ganz zurückgeblieben sey, eine Schlussfolgerung, die sich auf die *Aegyptier* anwenden läßt und durch geschichtliche Thatsachen bestätigt wird. Allerdings waren ihre Kenntnisse wohl nicht von derjenigen Bedeutung, als man-

---

1 Die in der heiligen Sanskrit-Sprache geschriebenen Werke werden zwar von vielen sehr hoch geschätzt, allein sicher finden sich darin keine Spuren einer höhern Naturkunde. Vergl. WACHLER Lehrbuch der Literaturgeschichte. /Leipz. 1830. 8. S. 6.

che anzunehmen geneigt sind, wonach sie in den ältesten Zeiten sogar eine richtige Gradmessung bewerkstelligt haben sollen<sup>1</sup>, allein gewiß oder mindestens höchst wahrscheinlich ist zugleich, daß sie schon von der Einwanderung der Israeliten nicht unbedeutende Fortschritte in der Astronomie und auch in der Physik gemacht hatten, wie dieses aus ihren mehr als mittelmäßigen Leistungen in der Zeitbestimmung, in der Baukunst, Technologie und Agricultur unverkennbar hervorgeht. Es liegt übrigens in mehrfachen örtlichen Bedingungen, daß die Bewohner Aegyptens bald nach ihrer Ansiedelung von der ursprünglichen Rohheit wandernder Stämme zurückkommen, mußten. Die große Fruchtbarkeit des Bodens gewährte nämlich zwar leicht zu erwerbenden und genügenden Unterhalt, allein die jährlichen Ueberschwemmungen des Nils erforderten eine Beachtung ihrer periodischen Wiederkehr, um sich dagegen zu sichern, und vertilgten außerdem sicher schon damals, wie bis auf den heutigen Tag, alle bestehende Grenzbestimmungen, wodurch sie die Feststellung der Jahreslänge und die ersten Begriffe der Geodäsie nothwendig machten. Es mag daher immerhin der erste Anfang astronomischer Beobachtungen den nomadischen Völkern der nordasiatischen Küstenländer am mittelländischen Meere deswegen zugehören, weil der Glanz der Sterne die Aufmerksamkeit der nächtlichen Wälder großer Heerden erregte, sicher aber machten die Eigenthümlichkeiten Aegyptens eine durch den Lauf der Gestirne gegebene Zeiteintheilung zum unumgänglich dringenden Bedürfnisse. Wie weit es übrigens die Aegyptier in der Astronomie und der Physik gebracht haben mögen, dieses ist bei der Unbekanntschaft mit ihrer Hieroglyphenschrift schwer auszumitteln und auch aus den Ueberresten der Baukunst und sonstigen Denkmälern aus der Urzeit nicht wohl bestimmbar. Die Griechen legen zwar einen hohen Werth auf die Kenntnisse, welche ihre eigenen ältesten Gelehrten dort erlernten, allein mir scheint dieses mehr auf den geringen Fortschritten zu beruhen, welche jene Völker damals erst gemacht hatten, als auf einer absolut hohen wissenschaftlichen Bildung der Aegyptier, welche wohl in Folge klimatischer Einflüsse zu schwerfällig im scharfen Nachdenken waren, um überhaupt eine hohe Stufe der Geistescultur zu erreichen,

---

1 Vergl. Art. *Mafs* im Anf. A. a. Bd. VI. Abth. 2.



wofür insbesondere das Argument entscheidet, daß alle höhern Kenntnisse, in Geheimnisse gehüllt, das Eigenthum einzelner Kasten waren, ohne in das ganze Volk klar und lichtvoll überzugehen. Dennoch aber berechtigen uns außer den Ueberresten der Kunst insbesondere die Zeugnisse der ältesten griechischen Gelehrten, welche insgesamt jenes Land zur Erweiterung ihrer Kenntnisse besuchten, zu der Ueberzeugung, daß Aegypten als die Wiege der wissenschaftlichen Cultur, namentlich auch in Beziehung auf Astronomie, Mathematik, Physik und Chemie, im Alterthume zu betrachten sey.

Außer den Aegyptiern kann nicht wohl irgend eins der ältesten Völker auf den Ruhm einer eigentlichen Begründung und Erweiterung der Naturwissenschaften Anspruch machen. Bei den *asiatischen handeltreibenden Stämmen* war dieses sicher nicht der Fall, denn ihre auch mit Sklaven handelnden Caravanen waren allem Anscheine nach von den neuern dortigen nicht verschieden. Die *Phönicier* und namentlich die an der Nordküste Africa's sich ansiedelnden *Karthager* besaßen zwar eine etwas höhere Bildung und verbreiteten auf ihren Handelswegen manche Kenntnisse, allein handelnde Nationen beginnen erst dann in der Naturkunde bedeutende Fortschritte zu machen, wenn sie die Schifffahrt auf eine höhere Stufe bringen oder durch Verbesserung der selbst erzeugten Kunstproducte andern den Rang abzugewinnen suchen, was bei jenen nicht der Fall war. Die nomadisirenden *Hebräer* brachten zwar aus Aegypten eine große Menge von Kenntnissen mit, und insbesondere zeigt Moses; eingeweiht in die Wissenschaften jenes Landes, wie viel ein Mann von überlegenen Geisteskräften zu leisten vermag, allein für höhere Cultur war jenes Volk zu seiner Zeit noch nicht reif, und später traten die stets sich erneuernden Streitigkeiten im Innern und auswärtige Kriege als unübersteigliche Hindernisse entgegen, so daß dieser aus dem höchsten Alterthume bekannte und durch seine merkwürdigen Schicksale berühmte Völkerstamm namentlich in der Naturkunde nie etwas Bedeutendes geleistet hat. Wie weit es die *Hebräer*, deren plastische Kunstwerke noch jetzt die Bewunderung der Alterthumsforscher erregen, hierin gebracht haben, ist mit Gewißheit schwer auszumitteln, indem manche zu ihrem Vortheile sprechende Andeutungen hierzu nicht ausreichen.

Als Nachfolger der Aegyptier in der Förderung der Natur-

kunde können daher bloß die *Griechen* genannt werden, die uns außerdem durch hinterlassene bestimmte Nachrichten aus der Dunkelheit der mythischen Ueberlieferungen in das helle Gebiet der eigentlichen Geschichte führen, so daß wir den Gang der allmählig sich erweiternden Wissenschaften bis zu den neuesten Zeiten herab sicher verfolgen können. Wie bedeutend auch immer dasjenige seyn mag, was die ausgezeichneten Männer jenes im Ganzen so geistreichen Volkes von Fremden erlernten, so bleibt es doch ausgemacht, daß die Wissenschaften dort originell und ursprünglich ausgebildet wurden und nicht, wie bei den Römern, als aus der Fremde eingeführt bestanden. Leider stand dort vom Anfang an bis zum Ende ruhige und sorgfältige Beobachtung in weit geringerem Ansehn, als Theorie und Speculation, denn sonst würden die Griechen bei ihren vorzüglichen Anlagen und den außerordentlichen ihnen zu Gebote stehenden Hülfsmitteln noch ungleich mehr geleistet haben, wie namentlich aus einigen Resultaten ihrer empirischen Forschungen unverkennbar hervorgeht.

Die erste Frage, welche der das Nachdenken beginnende Verstand als die zunächst vorliegende zu beantworten versucht, ist die über den Ursprung aller Dinge oder vielmehr der sichtbaren Welt, worin ihm die Erde bei weitem die Hauptsache zu seyn scheint. Alle Völker fangen daher ihre Philosophie mit Theogonien und Kosmogonien an, die der erreichten Bildungsstufe jederzeit angemessen sind. Die Griechen erlernten manches in Aegypten, aber die Neigung zur Beantwortung der genannten Frage ist dennoch auch in ihren spätern naturphilosophischen und gänzlich speculativen Systemen vorherrschend. Nach **THALES** von Milet (um 610 v. Chr. G.) sollte alles aus dem Wasser entstanden seyn, aber die Führer der von ihm gestifteten ionischen Schule, **PHEREKIDES** aus Syros (um 550 v. Ch. G.), **ANAXIMANDER** von Milet (um 530 v. Ch. G.) und **ANAXIMENES** gleichfalls von Milet (st. 500 v. Ch.) suchten schon nach feineren Elementen aller Dinge; mehr noch wichen **HERAKLITUS** (um 500 v. Ch.) und **EMPEDOKLES** (um 460 v. Ch.), der erste Gründer der Lehre von den vier Elementen, Feuer, Luft, Wasser und Erde, von ihm ab, desgleichen **HERMOTIMUS** und **ANAXAGORAS** (um 456 v. Ch.), beide von Klazomenä, unter denen der letztere eine Gottheit als höchste gestaltende Intelligenz über die *Homoiomerigen* oder

gleichartigen Elementartheilchen erhob. In jenen frühesten Zeiten machte auch insbesondere der geistreiche, durch viele Reisen gebildete PYTHAGORAS aus Samos (um 550 v. C.), der Stifter der italienischen Schule in Kroton, großes Aufsehn. Er war geübter Mathematiker, wie der von ihm benannte Lehrsatz beweist, ob es aber mehr als ein Spiel der Phantasie genannt werden darf, wenn er zur Erklärung der Naturgesetze die Verhältnisse der Zahlen anwandte, bleibt bei der Unbestimmtheit der gebrauchten Bezeichnungen stets ungewiß und ist mir nicht wahrscheinlich, da ich überhaupt ungern in allgemeine Ausdrücke mehr Bestimmtheit hineinlege, als wirklich darin enthalten ist<sup>1</sup>. Uebereinstimmend mit dieser Ansicht finden wir auch bei seinen Schülern und Nachfolgern nichts weiter, als dichterische Ideen über kosmische Bedeutung der Zahlen und ihrer Harmonieen, indem selbst das, was sie über die Verhältnisse der Töne und der Musik sagen, zu keinem deutlichen Resultate führt. Die vorzüglichsten unter ihnen waren THEANO (um 530 v. C.) und ALKMAEON, beide aus Kroton, EPICHRAMUS aus Syrakus (um 480 v. C.), OCELLUS LUCANUS (um 500 v. C.), TIMAEUS aus Lokri, PHILOLAUS vermuthlich aus Tarent (um 530 v. C.) und der berühmte ARCHYTAS aus Tarent (um 380 v. C.).

Eine der ältesten philosophischen Schulen ist die durch XENOPHANES von Elea (um 536 v. C.) gestiftete und nach dieser seiner Vaterstadt benannte. Er selbst beschäftigte sich hauptsächlich mit metaphysischen Betrachtungen über die Einheit aller Dinge, behauptete das ewige Seyn des durch die Kraft des Denkens Gesetzten und begründete hierdurch zuerst den Pantheismus und Idealismus; sein Schüler PARMENIDES dagegen (kam 460 v. C. nach Athen) hob den Widerspruch zwischen Vernunftidee und Erfahrung mehr hervor und beides bewirkte, daß ZENO aus Elea (um 440 v. C.) zur Dialektik und MELISSUS aus Samos (um 440 v. C.) nebst DIAGORAS aus Melos (um 416 v. C.) zum Skepticismus übergingen, welcher durch PYRRHO aus Elis (um 340 v. C.) aufs Höchste gesteigert wurde. Ganz im entgegengesetzten Sinne waren die Gründer der neuern elea-

1 Wir besitzen von ihm nur wenige höchst undeutliche Fragmente. S. H. RITTER Geschichte der Pythagor. Philosophie. Hamburg 1826. 8.

tischen Schule, die man auch die atomistische oder mechanische nennen könnte, Anhänger des Realismus und würden daher, nach dem zu schliessen, was in den neuesten Zeiten geschehn ist, für Naturkunde viel geleistet haben, wenn sie ihre Erfahrungen besser und in größerem Umfange zu begründen sich bestrebt hätten, statt sich darauf zu beschränken, die mangelhaft erkannten Erscheinungen aus den hypothetisch bestimmten Gestalten und Eigenschaften willkürlich angenommener Atome zu erklären. Der Stifter der Atomistik ist LEUCIPPUS (um 500 v. C.), eine erweiterte Ausbildung erhielt seine Lehre aber durch DEMOKRITUS aus Abdera (st. 404 v. C.), welcher den grossen Nutzen der Beobachtungen einsah und vielen Fleiss darauf verwandte, ohne dass jedoch diese von ihm eingeführte Methode in Griechenland tiefer wurzelte. Seine nächsten Anhänger waren METHODORUS aus Chios, NAUSIPHANES aus Teos, PROTAGORAS und ANAXARCHUS aus Abdera, nachher nahm EPIKUR (305 v. C.) diese Theorie in sein philosophisches System auf, und später wurde sie durch LUCRETIVS CARUS (95 bis 50 v. C.) in seinem Gedichte geistreich bearbeitet.

Mit SOKRATES (geb. 469, starb 400 v. C.) beginnt eine neue Periode in der Behandlung der Wissenschaften, indem dieser eben so richtig als scharfsinnig philosophirende Denker die Nichtigkeit der Irrwege nachwies, auf welche der Hang zur Sophistik geleitet hatte. Ohne selbst ein neues System aufzustellen, wodurch er den eben genannten Zweck bei weitem weniger oder aller Wahrscheinlichkeit nach gar nicht erreicht haben würde, gab er die Veranlassung, dass sein geistreicher Schüler PLATO (430 bis 348 v. C.) ein solches begründete und ARISTOTELES (384 bis 322 v. C.) sein Zeitalter so weit überflügelte, dass seine Philosophie bis auf die neuesten Zeiten herab als unübertrefflich betrachtet wurde. Zugleich erhielt die Philosophie oder vielmehr die Bearbeitung der Wissenschaften überhaupt durch SOKRATES und seine nächsten Nachfolger einen so sehr erweiterten Umfang, dass von diesem Zeitpunkte an die Naturforschung von den übrigen Disciplinen als ein besonderer Zweig geschieden werden muss.

Dass SOKRATES selbst etwas für Naturforschung gethan habe, wird von den Bearbeitern der Geschichte der Philosophie nicht erwähnt, auch lässt sich in dieser Beziehung nichts eigentlich Bestimmtes nachweisen; allein dennoch hat er dadurch

auch für diesen Zweig sehr genützt, daß er den oben bereits als einzig richtig bezeichneten Weg zu wählen lehrte, welcher eine Trennung des Uebersinnlichen, des religiösen Glaubens, vom Studium der Natur und des Menschen unbedingt fordert. SOKRATES war Theist und schied die aus dem Innern des Menschen und der Betrachtung der Natur entnommene Vorstellung von einem höchsten Wesen als das Uebersinnliche von der Naturforschung, der Moral und der Psychologie, zeigte die Unsicherheit alles menschlichen Wissens, die großen Nachtheile der Sophistik, richtete statt dessen das Philosophiren auf das rein Menschliche und suchte einen ethischen Eudämonismus zu begründen. Sein Schüler und Nachfolger PLATO aus Athen (geb. 430, st. 348 v. C.) ist durch seine Lehren und zahlreichen hinterlassenen Schriften wichtig für alle Zweige der Wissenschaften geworden, in specieller Beziehung auf Naturkunde aber ist nach FRIES<sup>1</sup> der Mittelpunkt seiner Weltansichten die Erhabenheit in der Vorstellung von dem kugelförmigen Weltall, welches er für ein geschlossenes Ganzes annimmt, und von der anbeginnlosen, unveränderlichen und vollkommen göttlichen Kreisbewegung am Himmel. PLATO näherte sich in seinen Ansichten dem ANAXAGORAS, indem das, was ersterer durch *Ideen* bezeichnet, den Homoioomerieen des letzteren vergleichbar ist. Beide setzten ein höchstes, nur geistig erkennbares Wesen als erste Ursache alles Seyenden voraus und übereinstimmend mit PARMENIDES meint PLATO, daß alle menschliche Erkenntniß des räumlichen Weltalls nur mangelhaft sey. Seine Aussagen über das Letztere sind deswegen undeutlich, weil er, wie PYTHAGORAS, sich zur Bezeichnung seiner Philosopheme der Zahlen und geometrischen Körper bediente. Die höchste Idee der Gottheit erzeugte nach ihrem Bilde die Weltkugel und belebte sie durch die Weltseele, welche in der Zahl zuerst nach dem Unterschiede des *Einförmigen* (der täglichen Bewegung der Weltkugel) und des *Mannigfaltigen* (der Bewegung der Gestirne im Thierkreise) gegeben ist. Für Letzteres dienen dann als Bezeichnung die Zahlenharmonieen, welche wegen der drei Dimensionen des Raumes durch die Reihen der Wurzeln, Quadrate und Würfel der Zahlen 2 und 3 in den sieben Zahlen 1, 2, 3, 4, 9, 8, 27 gegeben sind. Das Materielle

1 Lehrbuch der Naturlehre S. 40.

besteht demnach aus vier Elementen, weil zwischen jeden zwei Würfelzahlen zwei mittlere geometrische Proportionalzahlen liegen, die äußersten, *Erde* und *Feuer*, haben die mittleren, *Wasser* und *Luft*, zwischen sich. Die Natur zeigt uns aber nicht die Elemente selbst, sondern in ihren verschiedenen Gestaltungen bald das eine, bald das andere vorwaltend; denn da in der sichtbaren Welt nur die Bilder des wahren Wesens zum Vorschein kommen, so muß in ihr ein mittleres zwischen Abbild und Urbild, das Gestaltlose, aber jeder Gestaltung Empfängliche, nämlich der Raum, vorhanden seyn, und das Urbild wird dann für die Natur die Regel der Gestaltung. Als Bezeichnung der Elemente dienen die regulären Körper; das Feuer ist das Tetraeder, die Luft das Octaeder, Wasser das Ikosaeder und Erde der Würfel. Es bleibt dann noch ein fünfter, das Dodekaeder, welches den Aether oder das Element der ursprünglichen Kreisbewegung bezeichnet.

PLATO's Naturphilosophie ist rein speculativ und daher auch des mathematischen Gewandes ungeachtet allezeit nicht bloß nutzlos geblieben, sondern hat sogar später zu vielen corrupten Ideen Veranlassung gegeben. Sicher würde daher auch sein Schüler ARISTOTELES von Stagira (geb. 384 st. 322 v. C.), Lehrer Alexander's des Großen und Stifter der peripatetischen Schule, nicht mehr geleistet haben, wenn er sich gleichfalls bloß hierauf beschränkt und nicht zugleich einen reichen Schatz von Beobachtungen hinterlassen hätte, wozu ihm die Kriege der Griechen im Oriente unermessliche Hülfsmittel darboten. Manche seiner Untersuchungen sind daher noch jetzt von Werth und werden gehörigen Orts in diesem Werke gelegentlich erwähnt, so daß hier nur die Hauptsätze seines naturphilosophischen Systems anzugeben sind<sup>1</sup>. ARISTOTELES behielt die Lehre von den fünf Elementen bei, setzte sie aber mit den Bewegungsgesetzen in Verbindung, indem er annahm, es gebe drei Arten der einfachen Bewegung, - zum Mittelpunkte, vom Mittelpunkte und um den Mittelpunkt, welche letztere, die Kreisbewegung, die vollkommene, belebende und göttliche ist. Die Elemente sind hiernach trocken und schwer = Erde, naß

---

<sup>1</sup> Auch diese entlehne ich aus dem genannten Werke von FAUS S. 42., dessen Studien vorzugsweise zur Untersuchung der Philosophie der Alten veranlaßten.

und schwer = Wasser, trocken und leicht = Feuer, nass und leicht = Luft, das fünfte Element aber ist das der Kreisbewegung oder des Sternhimmels. Zugleich wich er aber von seinem Lehrer ab, indem er das Wesen der Dinge in der sichtbaren Welt selbst gegeben annahm und also die Selbstständigkeit der Zahlen, Figuren und allgemeinen Begriffe leugnete. Er unterschied zwei Arten der Substanzen, nämlich die *Masse* (*ὑλη*) und das Princip der *Gestaltung* (*μόρφη, εἶδος*), die *Entelechie*, wovon jene nur ein Princip der Möglichkeit, diese der Wirklichkeit ist. Die Seele (*ψυχή*) ist eine Entelechie, und der Wirklichkeit nach alles, was existirt, in ihr aber die Vernunft allein das Selbstständige; das Weltall, der Himmel als *κόσμος*, ist daher nicht Masse, sondern Entelechie, und die einzige unveränderliche Ursache alles Veränderlichen, also die höchste Entelechie und höchste Vernunft, ist die Gottheit.

Den höheren Standpunct der geistigen Cultur in jenen Zeiten erkennt man nicht bloß aus den tiefer gedachten naturphilosophischen Systemen, sondern zugleich auch hauptsächlich aus der gründlicheren Bearbeitung der Hülfswissenschaften. In der Mathematik wurde sehr viel geleistet durch die bereits genannten PYTHAGORAS, ARCHYTAS von Tarent und PLATO, durch HIPPOKRATES aus Chios (um 450 v. C.), EUDOXUS aus Knidos (um 370 v. C.), durch ARISTOTELES selbst und seine zahlreichen Anhänger, die sich über Griechenland, Aegypten, Unteritalien und Sicilien ausbreiteten. Eine Erwähnung verdienen vorzüglich EUKLIDES (280 v. C.), APOLLONIUS von Perga (250 v. C.), KONON aus Samos (260 v. C.) und sein hochberühmter Schüler ARCHIMEDES aus Syrakus (geb. 287, st. 212 v. C.), KTESIBIUS aus Asora (um 230 v. C.) und sein Schüler HERON aus Alexandrien (um 210 v. C.) und PHILO von Byzanz (um 150 v. C.). Die von diesen großen Männern hinterlassenen Werke boten einen reichen Schatz des Unterrichts dar und sicherten die Wissenschaft lange Zeit vor dem drohenden gänzlichen Verfall. Als vorzügliche Mathematiker können genannt werden THEODOSIUS aus Tripolis (um 100 n. C.) und seine Zeitgenossen MENELAUS, THEON aus Smyrna, NIKOMACHUS der Pythagoräer aus Gerasa, APOLLODORUS aus Damascus (st. 129 n. C.), ANATOLIUS, Bischof von Laodicäa, insbesondere DIOPHANTUS aus Alexandrien (um 360 n. C.), THEON aus Alexandrien (um 365 n. C.) nebst dessen Tochter HYPATIA (ermordet 415 n. C.),

PAPPUS aus Alexandrien (um 390 n. C.) nebst den späteren PROKLUS, FELIX CAPELLA und EUTOKIUS aus Askalon. Nur unbedeutend war die Anwendung der Mathematik auf die Kriegswissenschaften, aber dennoch schrieb ARNEAS aus Stymphalas (um 362 v. C.) über Vertheidigung fester Plätze und Strategie, ATHENAEUS und BITON aus Sicilien (um 235 v. C.) über Kriegsmaschinen, ONOSANDER (um 53 n. C.) von der Feldherrnkunst und POLYAENUS aus Macedonien (um 165 n. C.) über die Kriegslisten berühmter Feldherren.

Vorzugsweise wurde die Astronomie bearbeitet, womit sich unter den bereits genannten THALES, PYTHAGORAS, ANAXAGORAS und PLATO beschäftigten. Die regelmässige Periode des Sonnen- und Monden-Laufes aufzufinden bemühte sich zuerst KLEOSTRATUS (um 543 v. C.), bis METON und EUKTEMON nebst PHÄNNUS (den 16. Juli 432 v. C.) die nach dem ersten benannte neunzehnjährige Periode aus anhaltenden Beobachtungen folgerten, auf deren Grund dann das Verhältniß, daß 235 Mondsmonate 19 Sonnenjahre ausmachen, mit goldenen Buchstaben auf schwarzem Marmor eingegraben wurde, worauf die noch jetzt übliche Bezeichnung der *goldenen Zahl* beruht. EUDOXUS (um 366 v. C.) setzte die Beobachtungen fort und soll zuerst den Stillstand der Sonne gelehrt haben, AUTOLYKUS aus Pitane (um 340 v. C.) untersuchte den Auf- und Untergang der Gestirne, PYTHEAS (um 338 v. C.) wandte die Astronomie auf Geographie an, insbesondere aber verbesserte KALIPPUS (330 v. C.) die Meton'sche Bestimmung, indem er zeigte, daß nach vier jener Perioden ein Tag ausfallen müsse. Vorzüglich besaß das Museum zu Alexandrien (seit 287 v. C.) sehr große Anstalten für das Studium der Astronomie. Dort beobachteten lange Zeit TIMOCHARIS und ARISTYLLUS (seit 300 v. C.), desgleichen die berühmten Männer ARATUS (um 280 v. C.), dessen Ansehn hauptsächlich bei den Römern groß war, und ERATOSTHENES aus Cyrene (um 228 v. C.), welcher die erste Messung des Erdumfanges versuchte. ARISTARCHUS aus Samos (um 260 v. C.), einer der gelehrtesten und fleißigsten beobachtenden Astronomen jener Zeit, wurde vom Stoiker KLEANTH wegen seiner Behauptung vom Stillstande der Sonne angeklagt, HIPPARCHUS aber (um 165 v. C.), der bedeutendste unter allen, fand namentlich das Zurückweichen der Nachtgleichenpunkte auf, POSIDONIUS (um 86 v. C.) wiederholte



die Erdmessung des ERATOSTHENES, GEMINUS aus Rhodus (um 70 v. C.) suchte die Astronomie populär darzustellen, und so ging diese Wissenschaft durch SOSIGENES (um 60 v. C.), den Verbesserer des römischen Kalenders, MENELAUS (um 98 n. C.), THEON aus Smyrna (um 115 n. C.) und einige minder wichtige Männer bearbeitet bis auf CLAUDIUS PTOLEMAEUS (um 150 n. C.) über, welcher die von seinen Vorgängern erhaltenen literarischen Schätze durch eigene Beobachtungen vermehrte und in seinen umfassenden Werken zusammenstellte, die bis auf die Wiederbelebung der Wissenschaften einzige oder hauptsächlichste Quelle aller astronomischen Kenntnisse blieben.

Die Römer erhielten die Wissenschaften insgesamt von den Griechen und lockten als eroberndes und dadurch zu übermäßiger Reichthume gelangendes Volk die Gelehrten aus dem unterjochten Griechenlande in ihre Staaten. Eben daher wurzeln die Wissenschaften bei ihnen niemals eigentlich tief und eigenthümliche selbstständige Entwicklung derselben kann ihnen bloß etwa rücksichtlich der Poesie, Beredtsamkeit und Rechtswissenschaft beigemessen werden. In specieller Beziehung auf Naturkunde sind sie daher mehr Sammler, als eigene Forscher, haben aber durch die Ueberlieferung der reichen Schätze aus dem Alterthume sich dennoch ein großes Verdienst erworben. Als die vorzüglichsten Gelehrten unter ihnen dürfen weniger MARCUS MANILIUS (um 25 v. C.), wegen seines Gedichtes über den Einfluß der Gestirne auf die menschlichen Schicksale, als vielmehr SENECA (von 2 bis 66 n. C.) und insbesondere PLINIUS der ältere aus Novocomum (geb. 23, st. 79 n. C.) genannt werden, übrigens aber genügt die allgemeine Bemerkung, daß die letzten Spuren der wissenschaftlichen Bildung gegen die überall eindringende Barbarei sich mehr bei den Griechen, namentlich im orientalischen Kaiserthume, als bei den Römern im Occidente erhielten. Der in der Naturforschung herrschende Geist zeigt sich in des SOTION (um 50 n. C.) Sammlung von Naturwundern und außerordentlichen Ereignissen, des PHLEGON aus Tralles (um 117 n. C.) Gespenster- und Wundergeschichten und des ARTEMIDORUS DALDIANUS (um 150 n. C.) Traumauslegungen. Besser erhielten sich die mathematischen und astronomischen Kenntnisse wegen der vortrefflichen Grundlage, die sie einmal erhalten hatten. Unter andern lieferte THIUS aus Athen (510 n. C.) astronomi-

sche Beobachtungen, ANTHEMIUS aus Tralles (st. um 534 n. C.) zeichnete sich durch sein mechanisches Talent aus und verfertigte unter andern große Brennspiegel, EUTOKIUS aus Askalon (um 550 n. C.) schrieb Scholien zu ARCHIMEDES, LEONTIUS (um 590 n. C.) über des ARATUS Sphäre, HERON der jüngere aus Alexandrien (um 610 n. C.) war in allen Theilen der Mathematik wohl bewandert, LEON (um 862 n. C.), von AL MAMUN sehr geachtet, erfand einen Pyrotelegraphen, MICHAEL PSELLUS (um 1050 n. C.) war vielwissend, obschon geistlos, und hat durch seine zahlreichen Schriften einen berühmteren Namen erhalten, als seine Nachfolger THEODORUS MELETEMIOTA (um 1150 n. C.), MANUEL BRYENNIUS (um 1300 n. C.), NICOLAUS CABASILA (um 1300 n. C.), ISAAK ARGYRUS (um 1360 n. C.), der Berechner des Osterfestes, und NICOLAUS aus Smyrna, mit denen sich die Wissenschaft allmählig in gänzliche Dunkelheit verliert. Einige aus Aegypten vielleicht erhaltene Kenntnisse der Chemie gingen in Alchemie und Goldmacherkunst über, und dieses wirkte so nachtheilig, daß DIOCLETIAN (296 n. C.) alle ägyptischen Bücher alchemischen Inhalts zu verbrennen befahl. Werthlos sind daher die Bemühungen des PALLADIUS (um 600 n. C.), des STEPHANUS (um 640 n. C.) und des jüngeren PSELLUS, ob aber KALLINIKUS aus Heliopolis (um 678 n. C.) wirklich der Erfinder des *griechischen Feuers* sey, verdient noch eine nähere Untersuchung.

Sobald kriegerrische Nationen oder einzelne Helden durch rohe Gewalt cultivirtere Völker unterjocht haben, bringen sie der überlegenen geistigen Bildung die gebührende Huldigung dar und werden Beförderer der Wissenschaften. Nirgends hat sich dieses auffallender gezeigt, als bei den *Arabern*, welche nach ihren blutigen Kriegen und fanatischen Verheerungen den Wissenschaften hauptsächlich an den Höfen ihrer Khalifen eine glänzende Zuflucht bereiteten. Hauptsächlich begünstigten sie Mathematik und Astronomie, vermuthlich mit aus der Ursache, weil von diesen noch die bedeutendsten Ueberreste, unvertilgbar wegen ihrer inneren Kraft, sich erhalten hatten. In der Mathematik zeichneten sich aus MUHAMMED BEN MUSA (820), THEBIT BEN KORRAH (850), ALBATANI (st. 929) durch Einführung der Sinus statt der Chorden und ABUL WIFA (um 950) durch Einführung der Tangenten und Secanten. Für Astronomie geschah viel durch ALHAZEN und SERGIUS (812), die Ueber-

setzer des PTOLEMAEUS, durch ALFERGANI (850), ALBATANI EBN JUNIS aus Cairo (st. 1080) und GEBER BEN AFFLA (1050), sämmtlich als Schriftsteller und Beobachter bekannt. In der Chemie thaten sich hervor DSAFAR (DSCHEBER oder GEBER st. 765), EBN ZOHR (st. 1168), ABULCASEM (st. 1122) und EBN ROSCHD (st. 1206).

Die Araber verbreiteten die Wissenschaften über alle die Länder, die ihrer Herrschaft unterworfen waren, und selbst unter benachbarten Völkern, so daß man Spuren hiervon in ganz Asien, der Nordküste Africa's und in Spanien antrifft. Unter andern kommen in dem hindostanischen astronomischen Systeme der *Suria-Sidantha* Angaben vor, welche eine Kenntniß der Werke des Ptolemäus bezeugen, AL-MANSOR (1150) hinterließ astronomische Tafeln, die neue persische und chinesische Astronomie stammt von den Bemühungen zweier Fürsten aus der Dynastie DSCHINGIS-KHAN's, der zwei Brüder HULAKU-KHAN und KOBILAI-KHAN, welche im dreizehnten Jahrhunderte der eine Persien, der andere China beherrschten. Selbst die Usbekischen Tartaren huldigten den Wissenschaften, wie die berühmten astronomischen Tafeln des ULUGH-BEIGH (st. 1449), eines Enkels von TIMUR, beweisen, welcher in Samarkand den Himmel beobachtete. Außerdem verdienen genannt zu werden ALFETRAGI in Marocco (1150), von dem wir eine Theorie der Planeten besitzen, NASIREDDIN aus Tus (geb. 1183, st. 1273), der beste Uebersetzer des EUKLIDES und Beobachter auf der Sternwarte zu Merägha, ARCNAZEL (1080), AL RAGEL und ALKABITZ (1252), alle drei aus Toledo, die beiden letztern Verfasser der *Alphonsischen Tafeln*. Auch EBN AL AWAM aus Sevilla (1150) verfaßte ein Werk über Ackerbau und IBN BAITAR aus Malaga (st. 1248) bereicherte und verbesserte des DROSCHIDES Pflanzenkunde.

Die vielen verheerenden Kriege der wandernden Völker vertilgten die Wissenschaften, letztere sanken fortwährend tiefer herab und erhielten sich nur als einzelne Ueberreste in Constantinopel, Italien und Spanien, von wo aus sie sich allmählig wieder über das westliche Europa mit unverkennbarem Einflusse der frühern Cultur bei den Griechen und Arabern verbreiteten. Namentlich läßt sich ohne Schwierigkeit nachweisen, daß die mathematischen und astronomischen Studien niemals ganz untergegangen sind, und sie haben ohne Zweifel für

das Wiederaufleben der Wissenschaften wo nicht das meiste, doch sehr vieles gewirkt. Mathematik und Astronomie wurden hauptsächlich durch die Araber nach dem westlichen Europa verpflanzt, und wenn gleich die letztere in Astrologie übergehen mußte, um dem Zeitgeiste zu huldigen und sich Beifall zu erwerben, von welchem Irrwege sie erst durch KEPLER abgelenkt wurde, so hörte doch das Wesentliche, die Beobachtungen, niemals gänzlich auf. Unstreitig erwarb sich GERBERT (st. 1003) ein großes Verdienst dadurch, daß er die von den Mauren in Spanien erhaltenen mathematischen Kenntnisse nach Frankreich übertrug, die sich dann dort sowohl, als auch in England, Italien und Deutschland weiter verbreiteten. Als Lehrer derselben können WILHELM, Abt zu Hirschau (st. nach 1091), ATHELARD in Bath (1133), RADULPHUS BRUG (1144), JOHANNES NEMORARUS (1235), JOHANNES DE STO. BOSCO von Holywood (st. 1256), JOHANNES CAMPANUS aus Novara (1250) und andere genannt werden. Einen großen Namen als Gelehrter überhaupt und insbesondere wegen seiner mechanischen Wunderwerke, so unbedeutend diese auch seyn mochten<sup>1</sup>, erwarb sich ALBERTUS MAGNUS (st. 1280), aber alle seine Vorgänger an Scharfsinn und Tiefe der Kenntnisse übertraf ROGER BACO (st. 1294). Berühmt wurden ferner nach einander JOHANN PEGKHAM (st. 1292), der Optiker VITELLION (um 1280) die Mechaniker RICHARD von Walingford (1320) und JACOB DE DONDIS aus Padua (st. 1350), die Mathematiker THOMAS DE BRADWARDIN (st. 1349) und ROBERT SUISSSET aus Oxford (um 1350). Von dieser Zeit an thaten sich hauptsächlich die Italiener hervor, LEONARDO FIBACCI (1202), welcher arabische Ziffern und Algebra einführte, worin ihm GIOVANNI DE' DANTI aus Arezzo (1346), PAUL DEL' ABACO (1360), LUCAS PACIOLI (1450), JOHANN BIANCHINI aus Bologna (st. 1458), PAUL TOSCANELLA (st. 1482), welcher die Umschiffung von Südafrika vorschlug und an ein westliches Continent glaubte, DOMINICUS MARIA NOVERA aus Bologna, der Lehrer des COPERNICUS, und andere nachfolgten. Auch in Deutschland zeichneten sich JOHANN VON GMÜNDEN (st. 1442), GEORG VON PEURBACH (geb. 1423, st. 1461), vor allen andern dessen Schüler CAMILLUS JOHANNES

---

1 Vergl. *Perpetuum mobile*.

MÜLLER REGIOMONTANUS (geb. 1436, st. 1476) und BERNHARD WALTHER (st. 1504) vorzüglich aus.

Naturkunde und selbst Physik blieben nicht ganz ohne Verehrer, welche aber meistens nur ihre Aufmerksamkeit auf ungewöhnliche Erscheinungen, die sogenannten Naturwunder, richteten. In dieser Beziehung können genannt werden AEBARDUS, Bischof von Lyon (st. 840), MARBOD, Bischof von Rennes (st. 1123), ISIBORDUS von Corvei (um 1200), ALEXANDER INSULANUS (um 1204), MICHAEL SCOTUS (1240) und ALFRED, THOMAS CANTIPRATENSIS, Schüler des ALBERTUS (st. 1263), VINCENTIUS BELLOVACENSIS (um 1250), ALFONSUS X. von Castilien (st. 1284), CONRAD VON MEYGENBERG (1349) und die durch höhere Bildung in vielen Wissenschaften sich auszeichnenden THOMAS VON AQUINO (st. 1274) und sein Gegner JOH. DUNS SCOTUS (st. 1308), RAYMUNDUS LULLUS aus Palma (st. 1315), PETRUS DE ABANO (st. 1316), NICOLAUS COSANUS (st. 1464), auch als Mathematiker vorzüglich berühmt, und mehrere andere. Als merkwürdige Erscheinungen treten hervor das Werk Kaiser FRIEDRICH'S II. (st. 1250) über die Falkenjagd und seines Stallmeisters JORDANUS RUFFUS über die Pferdearzneikunde, desgleichen des THEODORICUS DE APOLDA (um 1300) Erklärung des Regenbogens. Spätere Gelehrte, mehr Sammler und Commentatoren, waren PETRUS DE CRESCENTIIIS aus Bologna (st. 1307), MATTHAEUS FARINATOR aus Wien (1330), BARTHOLOMAEUS DE GLANVILLA (1340), SIMON FEVERSHAM (1370), ALBERTUS DE SAXONIA (1390), JOHANNES KENYNGALE (st. 1451) und andere. Statt eigentlicher *Chemie* erhielten sich bloß einige alchemische Spielereien, obgleich ROGER BACO, ARNALDUS DE VILLA NOVA (st. 1313), RAYMUNDUS LULLUS, PETRUS DE ABANO, BASILIUS VALENTINUS (um 1460) und NICOLAUS FLAMEL (st. 1413) auch in dieser Beziehung als berühmte Namen genannt werden. Desto wichtiger dagegen ist die Erfindung der Brillen, welche dem ALEXANDER DE SPINA (1313), und der Magnetnadel, die dem FLAVIO GIOGA aus Amalfi (um 1300) zugeschrieben wird, obgleich die letztere schon 1100 Jahre v. C. G. den Chinesen bekannt gewesen seyn soll<sup>1</sup>.

---

1 Nach HAGER Memoria sulla Bussola orientale. Vergl. *Compafs.* Bd. II. S. 179.

Seit der Wiederbelebung der Wissenschaften giebt es der Männer, die sich durch Bearbeitung der Mathematik, Astronomie und Naturlehre im Ganzen oder einzelner Theile berühmt gemacht haben, so viele, daß es zweckwidrig seyn würde, auch nur die meisten einzeln namhaft zu machen, um so mehr, als sie in diesem Werke gelegentlich oft erwähnt werden, und es scheint mir daher am geeignetsten, nur den Gang dieser Wissenschaften nach seinem allgemeinen Charakter zu bezeichnen.

Zuerst erhob sich die Astronomie zu neuem Leben und gab dem noch fortwährend blühenden Studium der Mathematik ein reiches Feld der Anwendung: NICOLAUS COPERNICUS (geb. 1473; st. 1543), wahrscheinlich mehr durch eigenes Nachdenken als durch Ueberlieferung einiger Andeutungen der ältern griechischen und späterer Mathematiker geleitet, vertheidigte den Satz vom Stillstande der Sonne und dem Umlaufe der Erde um dieselbe. Ihn zu widerlegen bemühte sich hauptsächlich TYCHO DE BRAHE (1546 bis 1601), wobei er durch König FRIEDRICH II. von Dänemark auf der eigends für seine Beobachtungen eingerichteten Sternwarte zu Uranienburg freigebig unterstützt wurde. Der Stolz dieses großen Gelehrten zog ihm den Unwillen des Nachfolgers in der Regierung, CHRISTIAN'S IV., zu, allein er fand sehr liberale Unterstützung durch Kaiser RUDOLPH II. auf der Sternwarte zu Prag, wohin er seinen Gegner KEPPLER (geb. 1571, st. 1630) berief, weil er in diesem einen Vertheidiger seines Systems zu gewinnen hoffte, so sehr er ihn übrigens durch seine große Eitelkeit kränkte. Der große KEPPLER hatte mit unglaublichen Schwierigkeiten zu kämpfen, die ein verheerender Krieg, die zerrütteten Finanzen seines Regenten und insbesondere der damals herrschende Aberglaube und religiöse Fanatismus ihm in den Weg legten, die er aber insgesamt durch die Hülfsmittel seines überlegenen Verstandes und beharrlichen Fleißes überwand <sup>1</sup>, und man darf es gewiß als einen bedeutenden Wendepunct in der Geschichte der Wissenschaften überhaupt betrachten, daß er und sein gleich großer Zeitgenosse GALILEI durch das unfehlbare Mittel anhaltender genauer Beobachtungen diejenigen Vorurtheile sieg-

---

<sup>1</sup> JOHANN KEPPLER'S Leben und Wirken, nach neuerlich aufgefundenem Manusc. bearbeitet von J. L. C. Freiherrn von BARRSCHWEART. Stuttgart. 1831. 8.

reich bekämpften, die durch übermäßige Verehrung alter Autoritäten und durch falschen, aus Mißverständniß entsprungenen, Glauben seit mehr als tausend Jahren unerschütterlich befestigt zu seyn schienen. Mit beiden in ihrer Art einzig großen Männern beginnt die merkwürdige Epoche, seit welcher die Naturforschung genaue Beobachtungen und unmittelbar daraus abgeleitete, klar aufzufassende, Schlüsse als einzige untrügliche Autorität betrachtet.

Italien war damals der Hauptsitz der mathematischen Wissenschaften, unter deren Erweiterer NICOLAUS TARTAGLIA (st. 1557), sein Schüler LUDOVICUS FERRARI, HIERONYMUS CARDANUS aus Pavia (geb. 1501, gest. 1575), FERDINANDUS COMMANDINUS (st. 1575), FRANCISCUS MAUROLICUS (st. 1575), GIOVAN-BAPTISTA DELLA PORTA (st. 1615), LUCIUS VALERIUS (st. 1615) und PAOLO SARPI (st. 1622) gehören. Zeitgenossen, Schüler und Nachfolger des die Epoche bildenden GALILEI waren unter andern der Hydrauliker CASTELLI (st. 1644), BONAVENTURA CAVALLIERI (st. 1647), EVANGELISTA TORRICELLI (st. 1647), VINCENTIUS VIVIANI (st. 1701), der berühmte Astronom DOMINICUS CASSINI (st. 1712) und EUSTATIO MANFREDI (st. 1739). Unter den Franzosen thaten sich um diese Zeit hervor FRANCISCUS VIETA (st. 1603), welcher die Buchstabenrechnung einführte, PAUL DE FERMAT (st. 1665), BLAISE PASCAL (geb. 1623, st. 1662), EDMUND MARIOTTE (st. 1684), PICARD, seit 1678 Herausgeber der Connoissance des temps (st. 1684), und G. F. A. DE L'HOPITAL (st. 1704); unter den Deutschen GEORG JOACHIM RHAETICUS (st. 1576), JUST BYRGE (st. 1632), CHRISTOPH CLAVIUS (st. 1612), JOH. HEVEL (st. 1687), JACOB LEUFOLD (st. 1727) und die BERNOULLI's, JACOB (st. 1705), JOHANN (st. 1748), NICOLAUS (st. 1759), DANIEL (st. 1783), JOHANN (st. 1790) und JOHANN (st. 1807); unter den Niederländern LUDOVICUS VAN CEULEN (st. 1610), WILLEBRORD SNELLIUS (st. 1626), SIMON STEVIN (st. 1633), GREGORIUS A. S. VINCENTIO (st. 1667) und der gelehrteste unter ihnen CHRISTIAN HUYGENS (st. 1695); die Britten blieben keineswegs zurück, denn unter ihnen zeichneten sich aus JOHN NAPIER oder NEPER DE MERCHISTON (geb. 1550, st. 1617), der Erfinder der Logarithmen (1614), HENRY BRIGGS (st. 1630), THOMAS HARRIOT (st. 1621), JAMES GREGORY (st. 1675), ISAAC BARROW (st. 1677) und J. WALLIS (st. 1703).

Die angegebene Periode ist nicht minder wichtig und bezeichnend für das Studium der Naturlehre, in welcher Beziehung sich folgende Hauptmomente angeben lassen. Jahrhunderte hindurch kannte man nichts weiter, als was auf die oft mißverständene Autorität des ARISTOTELES nachgesprochen wurde. Zwar rügte schon früher BERNHARDIN TILESIIUS aus Cosenza (geb. 1508, st. 1588) die Schwächen der aristotelischen Physik, auch verwies FRANCISCUS BACON<sup>1</sup> von Verulam (geb. 1560, st. 1626) auf die Erfahrung als einzige lautere Quelle für das Studium der Naturgesetze, allein es war dem großen Geiste GALILEY's vorbehalten, diesen Weg zu betreten und mit unwiderstehlicher Gewalt zu verfolgen. Er selbst und seine Schüler standen unter sich und mit auswärtigen Gelehrten in Verbindung, und die vereinten, zugleich durch gegenseitigen Wetteifer angeregten, Bemühungen vermochten dasjenige auszurichten, was bis dahin durch die Anstrengung einzelner unerreichbar geblieben war, in welcher Beziehung sich der Pater MARINUS MERSENNE (geb. 1588, st. 1648) durch seinen ausgebreiteten Briefwechsel großen Verdienst erwarb. Der eigentliche Verbesserer der gesamten mechanischen Physik war aber der die Epoche bezeichnende GALILEO DE GALILEI aus Pisa (geb. 1564, st. 1642), in dessen Zeit die Erfindung des Fernrohrs (vor 1600, von ihm selber um 1610), des Mikroskops und des Baromejers (1645) fällt.

KEPPLER und GALILEI legten mit ihren Schülern eine unerschütterliche Grundlage für Astronomie und Physik durch Ausrottung tief gewurzelter Irrthümer und Feststellung richtiger Thatsachen, die sie in ein mathematisches Gewand kleideten, so daß nach ihnen der unübertroffene NEWTON den ganzen Bau in seinen wesentlichen Theilen vollenden konnte; zu gleicher Zeit aber blieb auch die Speculation, die Naturphilosophie, mit ihren Hypothesen und mit der Bildung von Theorien aus diesen und aus Erfahrungen nicht zurück, was im Ganzen sehr vortheilhaft wirkte. RENATUS CARTESIUS (RÉNÉ DESCARTES) aus la Haye in Touraine (geb. 1596, st. 1650) steht an der Spitze dieser Schule, ist zugleich als Wiederbegründer des philosophi-

---

1 FRANC. BACONIS de Verulamio scripta in naturali et universa philosophia. Amst. 1653. 12. edit. S. A. Arnoldi. Lips. 1694. fol. The philosophical works of FRANCIS BACON methodized and made english by Peter Shaw. Lond. 1733. III. T. 4.



schen Studiums berühmt und leistete trotz seiner nicht zu verkennenden Eitelkeit unglaublich viel, insbesondere durch die Verbindung der Philosophie mit Physik und die Benutzung der Mathematik für beide, wozu noch die Anregung kommt, welche aus seiner hohen Achtung bei seinen Zeitgenossen namentlich in Frankreich entsprang. Merkwürdig ist, daß die Philosophie bei diesem ihren Erwachen sich sofort in die dunkeln Gebiete des Pantheismus und Skepticismus verirrte, in welcher Beziehung BARUCH SPINOZA aus Amsterdam (geb. 1632, st. 1677), NICOLAUS MALEBRANCHE (geb. 1638, st. 1715) und der geistreiche DAVID HUME (geb. 1711, st. 1776) als Führer zu nennen sind. Wir können jedoch den Gang der speculativen Philosophie, welche die Physik mehr oder minder in ihr Gebiet zog, im Einzelnen nicht weiter verfolgen, und es mag daher genügen, bloß die Hauptführer namhaft zu machen, worunter hauptsächlich GOTTFRIED WILHELM VON LEIBNITZ aus Leipzig (geb. 1646, st. 1716), CRISTIAN WOLF aus Breslau (geb. 1679, st. 1754) und ALEXANDER G. BAUMGARTEN (geb. 1744, st. 1818) gehören, bis mit IMMANUEL KANT namentlich in Deutschland die neueste Periode der Verbindung von Philosophie mit Physik beginnt <sup>1</sup>.

Die Naturlehre, durch GALILEI und seine Schüler neu begründet, erhielt eine bedeutende Erweiterung durch HUYGENS, namentlich durch dessen Erfindung des Pendels und die Anwendung desselben zur richtigen Zeitmessung. Eine ganz neue Periode beginnt aber mit ISAAC NEWTON aus Woolstrobe (geb. 1642, st. 1727) durch Begründung der bis zu den neuesten Zeiten beibehaltenen *empirisch-mathematischen* Methode der Naturforschung, worin nach genau einem Jahrhunderte LA PLACE (st. 1827) als sein gewiegtester Nachfolger genannt werden kann. NEWTON bearbeitete außer der Astronomie vorzugsweise den mechanischen Theil der Physik und begründete die Optik, in Beziehung auf die übrigen Zweige aber finden sich bei ihm nur Andeutungen. Als Erweiterer der von ihm gegebenen Grundlage verdienen hauptsächlich WILHELM JACOB s'GRAVE-SANDE aus Bois-le-Duc (geb. 1688, st. 1742), JOHANN THÉO-

---

1 Daß dem letzteren eigentlich ROGER JOSEPH BOSCOVICH (st. 1787) in seinem naturphilosophischen Systeme voranging, aber in Deutschland zu wenig beachtet wurde, ist im Art. *Materie* nachgewiesen.

PHILUS DESAGULIERS aus Rochelle (geb. 1668, st. um 1775), PETER VAN MUSSCHENBROEK aus Utrecht (geb. um 1700, st. 1761) und CHRISTIAN WOLF, genannt zu werden. Unter diesen be-  
arbeitete MUSSCHENBROEK das ganze Gebiet der Naturlehre im wei-  
testen Umfange und gewann hierdurch dieser Wissenschaft  
eine Menge Verehrer, wie denn auch der reiche Schatz der durch  
ihn mitgetheilten Thatsachen die Hauptgrundlage der meisten  
Werke über die Physik bildet, welche im achtzehnten Jahrhun-  
derte erschienen sind. Einzelne ausgezeichnete Männer, als OTTO  
VON GUERICKE (geb. 1602, st. 1686), ROBERT BOYLE (geb.  
1626, st. 1691), ROBERT HOOKE (geb. 1635, st. 1702), JOHANN  
CHRISTOPH STURM aus Hippolstein (geb. 1635, st. 1703), CASPAR  
SCHOTT aus Königshofen (geb. 1608, st. 1666) und EDMUND  
MARIOTTE (st. 1684) werden gelegentlich bei der Angabe ihrer  
Leistungen erwähnt. Es scheint mir gleichfalls unnöthig, die  
Erweiterer einzelner Fächer der Physik, z. B. BENJAMIN FRANK-  
LIN für die Elektrizitätslehre, namhaft aufzuführen, weil sie oh-  
nehin sattsam bekannt sind, und es genügt daher, den Gang der  
Wissenschaft im achtzehnten Jahrhunderte nur allgemein zu  
bezeichnen.

NEWTON's Naturphilosophie fand zwar eine Menge enthu-  
siastische Verehrer, aber auch viele Gegner, was zu ihrer höhern  
Achtung und festern Begründung nicht anders als vorthailhaft  
wirken konnte, nachdem ein Hauptpunct in derselben, das Ge-  
setz der allgemeinen Schwere, durch die großartigen Gradmes-  
sungen seit 1738 volle Bestätigung erhielt. Aber erst eine ge-  
raume Zeit nachher wurde der von ihm bei seinen optischen  
Untersuchungen betretene Weg, Erfahrungen zum Grunde zu  
legen und deren Resultate durch Hülfe der Mathematik zu all-  
gemeinen Gesetzen zu erheben, allgemein als der einzig richtige  
betrachtet, worin LAVOISIER und LAPLACE als classische Vor-  
gänger und Muster zu betrachten sind. Zugleich erstand durch  
das wiederbelebte Studium der Chemie, worin sich J. BLACK  
(geb. 1728, st. 1792), C. W. SCHEELE (geb. 1742, st. 1786),  
J. PRIESTLEY (geb. 1733, st. 1804), H. CAVENDISH (um 1788)  
und insbesondere ANTON LAURENTIUS LAVOISIER (geb. 1743,  
st. 1794) vorzüglich auszeichneten, der Physik eine unschätz-  
bare Hülfswissenschaft. Ohne daher die vielen Beförderer der  
Naturkunde aus der neuesten Zeit einzeln namhaft zu machen,  
will ich nur bemerken, daß die newton'sche Methode, verbessert

durch die Hülfsmittel der hoch gesteigerten Technik, überall bis auf die neuesten Zeiten beibehalten worden ist und ganz unerwartet reiche Früchte getragen hat. Bloß in Deutschland wurde dieser einfache Gang einer ruhigen Forschung einige Zeit hindurch unterbrochen, indem man der vieljährigen Erfahrung zuwider die Wissenschaft leichter und besser durch Speculation zu fördern hoffte. Die Anhänger dieser Schule nannten sich *Naturphilosophen* und den Irbegriff der zu untersuchenden Gegenstände *Naturphilosophie*, die nach ihrer Ansicht das ganze Gebiet der menschlichen Kenntnisse umfassen und namentlich alle Erscheinungen und Gesetze der Natur aus einem einzigen höchsten, in und durch sich selbst erwiesenen Grundsatz ableiten sollte. Die Unmöglichkeit einer solchen Aufgabe geht aus ihr selbst hervor, folgt mit Nothwendigkeit aus der eigentlichen Würdigung der Physik, selbst wenn man hierzu bloß dasjenige benutzen wollte, was über dieselbe in diesem Artikel kurz gesagt worden ist, und zeigt sich auf das bestimmteste in dem später nicht zu verkennenden Erfolge, indem die Naturlehre bei den bedeutenden Erweiterungen derselben durch die Ausländer in Deutschland zu einem mystischen Spiele mit unbekannten Kräften, unter denen *Dehnkraft* und *Ziehkraft* eine vorzügliche Rolle spielten, zu hochtrabend klingenden, aber nichts sagenden Phrasen aus unbestimmten und unklaren Worten, als *Polarität*, *Differenzirung*, *Potenzirung* u. s. w., und endlich zum eigentlichen Aberglauben an Wunderkräfte<sup>1</sup> der *Wünschelrute*, der *Schwefelkiespendel*, des *Wasserfühlers* u. s. w. überging.

Künftige Forscher der Literaturgeschichte werden es kaum begreiflich finden, daß eine so ernsthafte und allgemein so gründlich forschende Nation sich auf diese Weise verirren konnte, allein die Ursachen lassen sich füglich nachweisen. Die Ausländer, namentlich die Engländer und Franzosen, mit denen die Deutschen stets wetteiferten, hatten schon früher mit weit größeren und ausgedehnteren Hülfsmitteln gearbeitet, als den auf die Kräfte kleinerer Staaten beschränkten deutschen Gelehrten zu Gebote standen. Plötzlich aber brachte die französische Revolution es mit sich, daß die dortigen Machthaber an die gelehrten Naturforscher ihrer im höchsten Grade aufgeregten

<sup>1</sup> Vergl. *Kraft* Bd. V. S. 1011.  
Bd. VII.

Nation die dringendsten Ansprüche machten, durch Förderung der Mechanik, Chemie, Technik und Industrie neue Hilfsquellen für den von allen Seiten bedrängten Staat zu eröffnen; es erfolgten in Frankreich und England die schon früher so bedeutend gewordenen riesenmäßigen Gradmessungen, und in allen Zweigen der Schifffahrt, Kriegskunst und des Maschinenwesens wurde mit größtem Eifer gearbeitet, nicht zu gedenken, daß Frankreich es als nationale Ehrensache betrachtete, in den Wissenschaften andern Völkern als Muster voranzugehn. In Deutschland fehlten alle diese Impulse und die ihnen angemessenen Hilfsmittel, seine Gelehrten wandten sich daher zur Speculation in der Voraussetzung, hierdurch es den Nachbarn gleich zu thun oder sie wohl gar noch zu übertreffen. Hierzu kam dann noch der Umstand, daß der große Reformator der Philosophie, IMMANUEL KANT aus Königsberg (geb. 1724, st. 1804), welcher theils durch den reellen Inhalt seiner Lehre, theils durch die dreiste Kraft seiner imponirenden Rede und die große Zahl seiner Anhänger über alle seine Gegner triumphirte, das Wesen der Materie und somit also der Grundlage der gesammten Natur aus ihr selbst, oder aus unserem Begriffe von derselben, erklärt zu haben wähnte, wodurch er Begründer des *Idealismus* wurde, und seine Nachfolger zu ähnlichen Versuchen ermunterte. Inwiefern diese sämmtlichen Versuche, die materielle Grundlage der gesammten Natur durch Speculation zu erforschen, ohne Erfolg geblieben sind, ist bereits an einem andern Orte<sup>1</sup> gezeigt worden, WINTERL'S Verführungen in der vermeintlichen Aufindung neuer allgemein verbreiteter Grundstoffe, namentlich der *Andronia* und *Thelyke*, mit deren Einführung in das System er zugleich den Gebrauch mystischer Ausdrücke verband, verdienen nur eine gelegentliche Erwähnung<sup>2</sup>, die verschiede-

1 S. *Materie* Bd. VI. Abth. 2.

2 WINTERL'S erste Schrift war: *Prolusiones ad chemiam seculi decimi noni*. Budae 1800. Seine Sätze fanden in Deutschland großen Beifall, weil sie der damals herrschenden Naturphilosophie angemessen waren, aber nur wenige Chemiker glaubten die vermeintliche *Andronia* dargestellt zu haben. Das französische National-Institut übertrug die Prüfung dem GUYTON DE MOIRVEAU, welcher diese mit Gründlichkeit anstellte und ein verwerfendes Urtheil mit eben so viel Sachkenntniß als Bescheidenheit aussprach. Ann. de Chim. XV. 496. WINTERL gab nachher heraus: *Accessiones novae ad Prolusionem suam*

nen Systeme selbst aber ihrem wesentlichen Inhalte nach mitzutheilen, würde überflüssig seyn, da sie künftig nur als etwas der eigentlichen Physik Fremdartiges und ihr widernatürlich Aufgedrungenes erscheinen können. Veranlasser des Emporkommens der naturphilosophischen Schule, obgleich nicht selbst Gründer oder Anhänger der erst später sogenannten Naturphilosophie, war **IMMANUEL KANT** dadurch, daß er das Wesen der Materie, aus Begriffen abgeleitet, festsetzte<sup>1</sup>; viel weiter im Idealismus ging **FICHTE**, noch weiter **SCHELLING** nebst seinen Schülern **RITTEN**, **STEFFENS** und **OKEN**, endlich **HÄGEL**, mit welchem die Naturphilosophie in Beziehung auf Physik ihr Ende erreicht zu haben scheint<sup>2</sup>.

*primam et secundam.* Budae 1803, sein ganzes System aber ist enthalten in **JOH. JAC. WINTERL'S**, Prof. der Chemie und Botanik zu Pesth, Darstellung der vier Bestandtheile der anorganischen Natur; aus dem Latein übersetzt von Dr. **SCHUSTRA**. Jen. 1804. Nach der gründlichen Widerlegung durch **GUYTON** wurde die Sache bald vergessen.

1 Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Die 3te Aufl. von 1800.

2 Daß die Naturphilosophie in Deutschland so weit verbreitet wurde, lag nicht so wohl ausschließlich in dem Werthe des durch **KANT** aufgestellten Systems, als vielmehr zugleich darin, daß die neue Philosophie selbst fast gänzlich in das Gebiet der Phantasie übergieng und bei jungen Männern Anklang fand, die dann nicht bloß, ohne große Anstrengung auf die Erwerbung reeller Kenntnisse zu verwenden, neue Ideen aufzustellen und ganze Systeme zu schaffen vermochten, sondern durch ihre oft wiederholten vereinten Stimmen den Glauben herbeiführten, daß die eigentliche Schärfe des Verstandes sich nur in dieser Philosophie zeige, deren Hauptcharakter darin bestand, unbestimmte, in ganz ungewöhnlicher Bedeutung gebrauchte Worte zu hohl klingenden Phrasen zusammenzuweben; insbesondere aber wirkte die bis dahin ungewohnte Dreistigkeit in der Aufstellung von Sätzen, ohne genügenden Beweis, und die allgemeine Verfolgung, welche jedem drohte, der nach letzterem zu fragen sich nur erkühte, weil die Autorität des Ausspruchs der Koryphäen schon für genügend gelten sollte. **H. F. LINK** (über Naturphilosophie. Leipz. u. Rostock 1806: S. 122) sagt in dieser Beziehung: „Daß die Erfinder und Anhänger der philosophischen Systeme, welche alles zu erklären glauben, absprechend und stolz sind, ist begreiflich. Einseitigkeit ist die Quelle jener Systeme und der einseitige, beschränkte Mann ist stolz und unbiegsam. Wer eine Erfahrung macht, kann ruhig erwarten, daß andere sie ebenfalls machen, er weist sie ihnen nur nach. Aber dem Schöpfer solcher Systeme flüstert heimlich das Gewissen die Wichtig-

## Literatur der Physik.

Ein auf größere Vollständigkeit Ansprüche machendes, bis auf die neuesten Zeiten herabgehendes Werk über die Literatur

keit seiner Speculationen zu; er sucht nun durch Trotz andere und sich selbst zu betäuben.“ Dafs es damals gefährlich war, sich der herrschenden Schule zu widersetzen, zeigt LIXX an dem Beispiele BIRRA's, indem er sagt: „Sein Meister, SCHULZE, hat ihn von sich gewiesen, weil er das Tribunal der Erfahrung für höher hielt, als die Aussprüche des Idealismus, und von diesen an gewöhnliche Untersuchungen appellirte. Er hat in seiner derben Kraftsprache von BIRRA's empirischer Ledernheit geredet und über dessen Bombast gelacht.“ Hauptgegner dieser Schule war GILBERT, indem er sich nicht selbst beharrlich dagegen erklärte, sondern auch die realen Erweiterungen der Wissenschaft durch einige sowohl inländische als hauptsächlich die sämtlichen berühmtesten ausländischen Physiker und die hierbei angewandte zweckmässige Methode bekannt machte. Seine gegenwärtig durch POGGENDORF mit grosser Sachkenntnis fortgesetzten trefflichen Annalen der Physik sind sowohl an sich, als auch besonders in dieser Beziehung von grosser Wichtigkeit. In diesen befindet sich auch Bd. XX, S. 417 ff. die harte Kritik der damaligen Naturphilosophie durch CHEUVIX aus den Ann. de Chimie. T. L. p. 173 ff. und den Phil. Trans. 1804. P. II. Es sind darin eine Menge einzelne Sätze zur Bezeichnung des Gehaltes des Ganzen wörtlich mitgetheilt, die als Beispiel der Verirrungen des menschlichen Verstandes auch künftigen Zeiten zur Warnung aufbewahrt zu werden verdienen. Unter andern heifst es: „Würde alle + und — Materie und mithin das ganze Universum zusammenaddirt, so würde die Summe Null seyn. Der Kreis ist das Symbol des Seyns, die Ellipse des Werdens. Der Beweis hiervon findet sich schon bei KEPLER. Die Baukunst ist eine gefrorne Musik. Die Götter der Mythologie waren geistige, organische, vollendete Krystallisationen. Die Reproductionskraft ist die Diagonale im Winkel der Irritation. Das Universum ist ein Magnet, der nach dem Idealismus inklinirt. Das Universum ist ein solidificirter Gott. Wärmestoff = Schwere. Nicht die Anziehung ist die Ursache, dafs unsere Antipoden nicht von der Erdkugel in den Weltraum herabfallen, sondern die Relativität u. s. w.“ Diese und einige andere nachtheilige Aeusserungen der Ausländer machten den deutschen Physikern Muth, sich offen und dreist gegen diese Art der Naturphilosophie zu erklären. Namentlich erschien neben andern früheren satyrischen Angriffen im Jahre 1821 eine in den Kunstausdrücken der Schule abgefätschte persiflirende Ankündigung des ganzen Systems und allmählig zog sich der Idealismus von der Uebermacht der Erfahrung aus der Naturkunde in das Gebiet der speculativen Philosophie zurück, indem einige spätere Versuche dieser Art unbeachtet blieben.

der Physik, sowohl der inländischen als auch der ausländischen, fehlt noch, obgleich ein solches in manchen Fällen von Nutzen und vielen Gelehrten willkommen seyn würde. Die Ursache dieses Mangels liegt hauptsächlich darin, daß die werthvollsten Materialien dieser Wissenschaft in den vielen Zeitschriften und Abhandlungen der gelehrten Gesellschaften zerstreut sind. Obgleich mit dem Gegenstande ziemlich vertraut fühle ich mich doch außer Stande, eine vollständige Uebersicht der Literatur mitzutheilen, und glaube zugleich, daß eine solche für die Bestimmung dieses Werks zu vielen Raum einnehmen würde, abgerechnet, daß das hinzuzufügende Namenregister das Auffinden der meisten, mindestens der bedeutendsten Werke und Abhandlungen möglich machen wird, und ich begnüge mich daher mit einer kurzen Angabe der bekanntesten Werke und Sammlungen, ohne einzelne Abhandlungen namhaft zu machen<sup>1</sup>.

#### A. Zur Literatur gehörige Werke.

- J. B. v. Rohr, physikal. Bibliothek. Leipz. 1754. 8.  
 J. Christ. Polyk. Erxleben, physical. Bibliothek. Gött. 1775—1779. IV. vol. 8.  
 Biblioteca fisica di Europa, di L. Brugnatelli. Pavia. T. I—XX. 8.  
 Hermbstädt Bibliothek der neuesten physischen, chemischen u. s. w. Literatur. Berlin seit 1788. 8.  
 W. T. Krug's enzyklopädisches Handbuch d. Lit., die enzyklopädisch-physikalische Literatur von E. F. Wrede und F. B. Weber. Leipz. 1806. 8. Desselben enzyklopädisch-mathemat. Literatur verfaßt von E. F. Wrede. 1812. 8.  
 Th. Young course of lectures on natural philosophy and mechanical arts. Lond. 1807. T. II., welcher eine sehr vollständige Literatur enthält.  
 Allgemeines Repertorium der Literatur für die Jahre 1785—95. 10te Abth., phys. naturhist. Literatur. Weimar 1799.

---

<sup>1</sup> Die meisten der folgenden Angaben sind genau und gründen sich auf Autopsie, einige dagegen sind minder genau und vollständig. Manche Werke habe ich zwar gesehn und benutzt, kann aber die Titel nicht mit Bestimmtheit angeben, und eben so könne ich einzelne Hefte von Zeitschriften, aber nicht ihren ganzen Umfang. Die hieraus entstehenden Mängel werden eine billige Entschuldigung finden.

- L. S. Ersch *Literatur der Mathematik, Natur- und Gewerbkunde*. Amst. u. Leipz. 1813. Neue Aufl. 1828. gr. 8.  
 J. D. Reufs *Repertorium comment. a Soc. lit. edit. secundum disciplinarum ordinem cet. Sci. nat. T. IV*. Gott. 1805. 4.

## B. Lehrbücher.

- Mar. Mersenni *Cogitata physico-mathematica*. Par. 1644—47. III T. 4.  
 Dan. Sennerti *philosophia naturalis*. Witsb. 1618. 4. *Epitome naturalis scientiae*. Amst. 1651. 12.  
 Claubergii *Physica*. Amstel. 1664. 4.  
 Galileo Galilei *Opere*. Bol. 1656—58. II T. 4. Milano 1808. XIII T. 8. (Diese Ausgabe ist die vollständigste).  
 Ren. Cartesii *opera omnia*. Amstel. 1692. IX vol. 4. *Oeuvres*. Par. 1668. V T. 4.  
 Rob. Boyle's *Works*. Lond. 1665. V vol. fol.  
 G. Bt. Riccioli *Argomento physico-math.* Bol. 1668. 4.  
 Hugonii *opera varia*, a s'Gravesande. Lugd. 1724. IV T. 4.  
 Hugonii *opera reliqua*. Amst. 1728. II vol. 4.  
 Hooke's *posthumous works*. Lond. 1705. fol.  
 Mariotte *Oeuvres*. Leyden 1717. II vol. 4.  
 Jaq. Rohault *Traité de physique*. Par. 1673. II vol. 12. edit. Clarkii. Lond. 1711 u. 1729. II T. 8.  
 J. Bapt. Duhamel *philosophia vetus et nova*. Paris 1681. 4.  
 Christoph. Sturm *physica electiva seu hypothetica*. Norimb. 1697—1722. II T. 4.  
 — — *Collegium experimentale seu curiosum*. Norimb. 1676—1685. II T. 4.  
 Casp. Schott *Magia universalis naturae et artis cet.* Herbip. 1657—59. IV T. 4.  
 — — *Physica curiosa, sive mirabilia naturae et artis*. Herbip. 1662. 1667 u. 1697. II T. 4.  
 Wolfert. Senguerdi *philosophia naturalis*. L. B. 1685. 4.  
 Is. Newton *philosophiae naturalis principia mathematica*. Lond. 1687. Perpet. comm. illustrata studio PP. Thom. le Seur et Franc. Jacquier. Genevae 1739. III T. 4. vermehrter 1750. IV T. 4. Illustrata commentationibus potissimum Joannis Tessanek. Pragae 1780 u. 1783. II T. 4. (den meisten ist nur T. I. bekannt.)



- Joh. Keilii *Introductio ad veram physicam et veram astronomiam* Oxon. 1708. Lond. 1719. Lugd. Bat. 1739. 4.
- — *introductiones ad veram physicam et astron. cet.* Oxon. 1705. 8. u. 1739. 4.
- J. Theoph. Desaguliers *course of experimental philosophy.* Lond. 1717. 1745. II vol. 4.
- — *Cours de physique expérimentale.* Traduit de l'Anglais par Pezenas. Par. 1751. II vol. 4.
- Ant. Parent *Recherches de Mathématique et de Physique.* Par. 1705. 2me édit. Par. 1713. 12.
- Hawksbee's *experiments on Mechanics, pneumatics and optics.* Lond. 1709. 4.
- Pet. van Musschenbroek *Institutiones physicae.* Lugd. Bat. 1748. 8.
- — *Introductio ad philosophiam naturalem.* L. B. 1762. II T. 4.
- — *Cours de physique expérimentale et mathématique; traduit par Sigaud de la Fond.* A Leyde 1769. III T. 4. I T. Kupfer. (Das vollständigste seiner Werke.)
- — *Epitome elementorum physico-math.* L. B. 1726. 8.
- Gnil, Jac. s' Gravesande *physices elementa mathematica, experimentis confirmata.* Leidæ 1719. 1742. 1744, ed. quarta 1748. II T. 4.
- — *Philosophiae Newtonianae Institutiones.* Vind. 1760. 8.
- Christ. Wolf's *nützliche Versuche zur genaueren Kenntniß der Natur und Kunst.* Halle 1721—23. III Th. 8.
- H. F. Teichmeyer's *elementa philosophiae naturalis experimentalis.* Jen. 1733. 4.
- Moreau de Mäupertuis *Oeuvres math. physiques, philos.* Dresd. 1752. 4. (Oeuvres. Lyon 1768. IV T. 8.)
- Georgii Erh. Hambergeri *elementa physicae cet.* Jen. 1727. ed. sec. 1735. ed. tert. 1741. 8.
- M. l'Abbé Nollet *Leçons de physique expérimentale.* Par. 1743—1750. VI T. 8. deutsch Erfurt 1749—1764. VI Th. 8.
- — *l'Art des expériences.* Par. 1770. III T. 8. deutsch Leipz. 1771. III Th. 8.
- Para du Phanjas *Éléments de physique.* Par. I T. 8.
- — *Théorie des êtres sensibles, ou Cours complet de physique.* Par. 1772. IV T. 8.
- Joh. And. Segner's *Einleitung in die Naturlehre.* Gëtt. 1746. 1754. 1770. 8.

- L. G. Nottger's Naturlehre. Halle 1750. 8.
- G. W. Kraftii prælectiones in physicam theoretiacam. Tub. 1750. In physicam part. mechanicas. 1751. In phys. part. opticas et his cognatas. Tub. 1754—1765. III T. 8.
- J. P. Eberhard's erste Gründe der Naturlehre. Halle 1752. 5te Aufl. Ebend. 1787. 8.
- — Sammlung der ausgemachten Wahrheiten in der Naturlehre. Halle 1755. 8.
- J. P. de Molieres Leçons de Physique cet. Par. 1755. VI T. 12.
- Joh. Heinr. Winkler's Anfangsgründe der Physik. Leipz. 1754. 8.
- P. Regnault Entretiens physiques. 7me éd. Par. 1745. V T. 8.
- Sigaud de la Fond Leçons de physique expérimentale. Par. 1767. II T. 8.
- — Description et usage d'un cabinet de physique expér. Par. 1775. II T. 8.
- — Éléments de physique théorique et expérimentale. Par. 1777. IV T. 8.
- Guyot nouvelles récréations physiques et math. Par. 1770—77. VII T. 8. Neueste Aufl. Par. 1810. III T. 8. deutsch Augsh. 1772—77. VII T. 8.
- M. l'Abbé Sauri Cours de physique expérimentale et théorique. Par. 1777. IV T. 8.
- P. Mako compendiaris physicae institutio cet. Vindob. 1762. II T. 8.
- Car. Scherffer institutiones physicae cet. Vindob. 1763. II T. 8.
- (L. Euler) Lettres à une princesse d'Allemagne cet. Milan 1770—74. III T. 8. Nouvelle éd. avec des additions par MM. le Marquis de Condorcet et de Lacroix. Par. 1787 u. 88. II T. 8. Deutsch mit Zusätzen von Kries Leipz. 1792. III T. 8.
- Ad. Alb. Hamberger's Allgemeine Experimentalnaturlehre. Jen. 1784. 8.
- Joh. Beckmann Grundriß zu Vorlesungen über die Naturlehre. 2te Aufl. Gött. 1785. 8.
- Joh. Jac. Ebert Kurze Unterweisung und Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 1775. 8.
- Matth. Gabler's Naturlehre. München 1778. IV T. 8.
- Maler's Physik oder Naturlehre. Carlsruhe 1767. 8.

- Joh. Lon. Boeckmann's Naturlehre oder die gänzlich umgearbeitete Mater'sche Physik. Carlsr. 1775.
- J. Elliot's Anfangsgründe derjenigen Theile der Naturlehre, welche mit der Arzneiwissenschaft in Verbindung stehen. A. d. Franz. von Bertram. Leipz. 1784. 8.
- J. C. Heppel Lehrbuch einer Experimentálnaturlehre für junge Personen und Kinder. Gotha 1788. II Th. 8.
- I. Chr. Polyk. Erxleben Anfangsgründe der Naturlehre. Götting. 1772. 1777. Mit Verbesserungen und vielen Zusätzen von Lichtenberg. Götting. 1784. 1787. 1791. 1794. Ins Dänische übers. von Olufsen. Kopenh. 1790.
- Gli. Gamauf Erinnerungen aus Lichtenberg's Vorlesungen über Erxleben's Anfangsgründe der Naturl. Wien 1811 u. 1812. III Th. 8.
- J. H. van Swinden Positiones physicae cet. Harderovici Gelvorum. 1786. II T. 8.
- Pankl Compendium institutionum physicarum in usum auditorum. Presb. 1779. Posomi 1793. III T. 8.
- W. J. G. Karsten Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1780. 8. 2te Aufl. von F. A. C. Gren. 1790. 8.
- — Anleitung zur gemeinnützigen Kenntniß der Natur. Halle 1783. 8.
- — Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft, vornehmlich ihres chymisch-mineralogischen Theils. Halle 1785. 8.
- F. A. Achard Vorlesungen über Experimentalphysik. Berlin 1791—93. IV Th. 8.
- T. G. Kratzenstein Vorlesungen über die Experimentalphysik. Kopenh. 1787. 8.
- B. Merrem kurzer Entwurf der Naturlehre für meine Zuhörer. Dnisb. 1786. 8.
- J. L. Schurer Éléments de physique en forme de Tables. Strasb. 1786. 8.
- G. Rothe Begriff der Naturlehre. Bresl. 1785. 8.
- Marcus Herz Grundlage zu meinen Vorlesungen über Experimentalphysik. Berlin 1787.
- J. C. Fischer Anfangsgründe der Physik in ihrem mathematischen und chemischen Theile nach den neuesten Entdeckungen. Jena 1797. 8.
- Fontana disquisitiones physico-mathematicae. Papiae 1780. Lips. 1790. 4.

J. A. Schmaier's Vorlesungen über die Naturlehre. Nürnberg 1792. 8.

Ch. Schulz Handbuch der Physik, für diejenigen, welche Freunde der Natur sind u. s. w. Leipz. 1799. — 93. VI Th. 4.

C. P. Funke Handbuch der Physik für Schullehrer und Freunde dieser Wissenschaft. Braunschw. 1797. 8.

W. Nicholson's Einleitung in die Naturlehre. A. d. Engl. von A. F. Lüdicke. Leipz. 1787. II Th. 8.

J. B. Hobert Grundriss des mathemat. und chemisch-mineral. Theils der Naturlehre. Berlin 1789. 8.

G. A. Daezel Lehrbegriff der gesammten neuesten Naturlehre. München 1790. 8.

F. A. C. Gren Grundriss der Naturlehre zum Gebrauch akad. Vorlesungen. Halle 1788. 8. 4te Aufl. von Karsten. 1801. 5te Aufl. von E. G. Fischer. 1808. 6te Aufl. von Kastner. 1820.

G. S. Klügel's Anfangsgründe der Naturlehre. Von dessen Encyclopädie Th. II. Berlin 1792.

J. G. W. Mayer's Naturlehre für die Jugend. 1ster Bd. Nürnberg 1791. 8.

M. Hubs Vollständiger und fasslicher Unterricht in der Naturlehre. In einer Reihe von Briefen an einen Herrn von Stande. Leipz. 1793 u. 94. III Th. 8. Neue Aufl. 1801. IV Th. 8.

G. Gregory's Haushaltung der Natur; dargestellt nach den neueren Entdeckungen und Versuchen. A. d. Engl. von Kühn, herausgeg. von C. F. Michaelis. Nürnberg. 1798 u. 1800. II Th. 8.

P. Max Imhof Epitome institutionum physices et mathes. appl. München 1792.

— — Grundriss der öffentl. Vorlesungen über Experimentalnaturlehre. München. 1794 u. 95. II Th. 8.

— — Institutiones physicae, quas in usum auditorum suorum elucubrav. Mon. 1797.

— — Anleitung zur Naturlehre. A. d. Lat. von Prändel. Amb. 1804. 8.

A. W. Hauch's Begyndelses Grunde til Naturlæren. Kjøb. 1794. 8.

— — Anfangsgründe der Naturlehre. A. d. Dänischen übers. von J. C. Tode. Kopenh. und Leipzig 1795. II Th. 8.

— — Anfangsgründe der Experimentalphysik. Von Tobiesen. Schlesw. 1795.

- Ed. Sullivan's Uebersicht des Nagen in Briefen an einen Reisenden.** A. d. Engl. Leipz. 1795 u. 96. II Th. 8.
- J. C. Yelin Lehrbuch der Naturlehre.** Ansbach 1798. 8.
- J. C. W. Nicolai's Experimentalnaturlehre für Gymnasien und höhere Lehranstalten u. s. w.** Leipzig 1796. 2te Aufl. 1797.
- C. H. Pfaff Aphorismen über die Experimentalphysik.** Kopenh. 1800.
- Fr. Link Grundriss d. Physik für Vorlesungen.** Hamb. 1798. 8.
- H. F. Wrede Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft für den ersten systematischen Unterricht.** Berlin 1804. II Th. 8.
- J. T. Mayer Anfangsgründe der Naturlehre.** Göt. 1804. 1805. 1812. 1820. 1823. 6te Aufl. 1827. 8.
- J. Weber Vorlesungen aus der Naturlehre.** Landsh. 1793. 8. Physik als Wissenschaft oder die Dynamik der gesammten Natur. Ebend. 1819. Physik als Wissenschaft in Sätzen. Ebend. 1820. 8.
- L. G. F. Schröder's Grundriss der Experimentalnaturlehre.** Hamb. 1797. Neue Aufl. von L. W. Gilbert. 1804.
- Tib. Cavallo ausführliches Handbuch der Experimentalnaturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen.** Uebers. mit Anmerk. von J. B. Trommsdorff. Erf. 1804—1806. IV Th. 8.
- J. K. P. Grimm's Grundriss der Experimentalphysik.** Breslau 1800. 8.
- — Das Wissenswürdigste aus der Physik, Liegnitz und Leipzig 1803.
- G. U. A. Vieth Anfangsgründe der Naturlehre.** Leipz. 1797. 5te Aufl. 1823. 8.
- J. H. M. Poppe Handbuch der Experimentalphysik u. s. w.** Hann. 1809. 2te Aufl. 1826. 8.
- R. J. Haüy traité élémentaire de physique etc.** 2me éd. Par. 1806. II T. 8. 3me éd. 1821. deutsch von Weiss. Leipzig 1805. 8. von Blumhof. Weimar 1804. 8.
- C. W. Boeckmann's Entwurf eines Leitfadens zum Gebrauche bei Vorlesungen über die Naturlehre.** Carlar. 1805. 2te Aufl. 1813. 8.
- E. G. Fischer Lehrbuch d. mechanischen Naturlehre.** Berlin u. Leipz. 1805. II Th. 8. 2te Aufl. 1819. 3te Aufl. Berl. 1827. Ins Franz. übers. von Biot. Par. 1806. 1812 u. 1819.
- — mechanische Naturlehre im Auszuge für den höheren

- Schulunterricht. (Ältere Ausg. vom Verf., neuere von August) Berlin 1829.
- Ch. Bernoulli Grundzüge der Experimentalphysik, oder method. Leitfaden für den ersten physik. Unterricht auf Schulen. Halle 1807. 8.
- Rodig Naturlehre. Leipz. 1802. 8.
- Fr. Kries Lehrbuch der Physik für gelehrte Schulen. Jena 1806. 1808. 1816. 1821. 8.
- F. W. Snell Anfangsgründe der Naturlehre zum Gebrauch für Schulen. Gießen 1806.
- Fr. Hildebrandt Anfangsgründe der dynamischen) Naturlehre. Erlangen 1807. II Th. 8.
- C. W. G. Kastner Grundriss der Experimentalphysik. Heidelberg. 1809 u. 10. 2te Aufl. 1820 u. 21. II Th. 8.
- — Grundzüge der Physik und Chemie u. z. w. Bonn 1821. 2te Aufl. Nürnberg. 1831. 8.
- J. B. Horvath Elementa physica. Ofen 1790—1791. 3te Aufl. 1793. I T. 4.
- J. P. Neumann compendiarie physices institutio. Gracii 1808. II T. 8.
- — Lehrbuch der Physik. Wien 1818 u. 20. II Th. 8. Neue Aufl. 1831.
- L. A. Jungnitz Grundriss der Naturlehre. Breslau 1804 und 1805. III Th. 8.
- G. G. Schmidt Handbuch der Naturlehre. 2te Aufl. Gießen 1813. II Th. 8. Zum Gebrauche für Vorlesungen und zum eignen Studium. Gießen 1826. I Th. 8.
- L. J. D. Suckow Entwurf einer Naturlehre. 2te Aufl. Jena 1782.
- G. A. Suckow Anfangsgründe der Physik und Chemie nach den neuesten Entdeckungen. Augsb. 1813. II Th. 8.
- J. F. Fries Entwurf des Systems der theoretischen Physik, zum Gebrauche bei seinen Vorlesungen. Heidelberg. 1813.
- — die mathematische Naturphilosophie nach philosophischer Methode bearbeitet. Heidelberg. 1822. 8.
- — Lehrbuch der Naturlehre. Zum Gebrauch bei akademischen Vorlesungen. Jen. 1826. 8.
- J. H. Helmhuth Volksnaturlehre zur Dämpfung des Aberglaubens. 5te Aufl. Braunschw. 1803.
- J. G. Süsskind Handbuch der Naturlehre, enthaltend das Wissenswürdige und Gemeinnützigste aus derselben. Stuttg. 1812.

1. Friedleben populäre Experimentalphysik. Frankf. 1821 u. 23. II Th. 8.
- Jos. Ign. Hoffmann Lehrbuch der allgemeinen Physik u. s. w. 1ster Th. Mainz 1822. 8.
- F. Höpfner der kleine Physiker, oder Unterhaltungen über natürl. Dinge. Erfurt 1800 — 1806. VI Th. 8.
- H. M. Poppe der physikalische Jugendfreund. 1ster Th. Frankf. 1811. 12.
- H. E. Lippold Naturlehre für Kinder. 2te Aufl. Elberfeld 1818.
- H. M. Poppe Neue und ausführliche Volksnaturlehre. Tübingen 1825.
- F. Parrot Grundriss der theoretischen Physik, zum Gebrauche für Vorlesungen. Riga und Leipzig 1809 — 1815. III Th. 8.
- Entretiens sur la Physique. Dorpat 1819 — 28. VI T. 8.
- Siber Anfangsgründe der Physik und angewandten Mathematik. 2te Ausg. Landsh. 1815. 8.
- Scholz Anfangsgründe der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie. Wien 1816. 2te Aufl. 1821. 3te Aufl. 1827. 8.
- A. Donndorf Naturlehre in ihrem ganzen Umfange, alph. Quedlinb. 1825. 8.
- B. Trommsdorff Grundriss der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie. Gotha 1817. 8.
- Hallaschka Handbuch der Naturlehre. Prag 1824 u. 25. III Th. 8.
- W. Muncke Anfangsgründe der Naturlehre. Heidelb 1819 u. 20. II Th. 8.
- Handbuch der Naturlehre. Heidelb. 1829 u. 30. II Th. 8.
- die ersten Elemente der gesamten Naturlehre zum Gebrauche für höhere Schulen und Gymnasien. Heidelb. 1825. 1829. 3te Aufl. 1832. 8.
- Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande, mit Rücksicht auf mathematische Begründung dargestellt. Wien 1824. 8. 2te Aufl. 1826. 3te Aufl. 1829. 4te Aufl. 1832. Supplementband 1830 u. 31. in 3 Lieferungen.
- F. Straus Lehrbuch der besondern und angewandten Physik. Mainz 1824. 8.
- A. Brettner Leitfaden für den Unterricht in der Physik

- auf Gymnasien, Gewerbschulen und höheren Bürgerschulen.  
Bresk. 1832. 8.
- Wagner Elementarnaturlehre nach den Grundsätzen der neuen  
Pädagogik für Seminaristen und Volksschulen. Köln 1827. 8.
- W. W. Beckerle Naturlehre mit Rücksicht auf die aus Unkunde  
derselben entstehenden Volksirrhümer. Heidelb. 1820. Neue  
Aufl. 1831.
- — Kleine Naturlehre zur Anregung eines religiösen Gefühls.  
Heidelb. 1832.
- K. C. Schneider Grundriss der Gewerbe-Naturlehre oder  
technischen Physik. Cassel 1829. 8.
- V. Gonilloud Grundzüge der Physik, angewendet auf Kün-  
ste und Gewerbe. A. d. Fr. v. L. H. A. Hoyer. Weim. 1823.
- John Millington Grundriss der theoretischen und Experi-  
mentalphysik. Aus d. Engl. Weimar 1825. 8.
- H. W. Brandes Vorlesungen über die Naturlehre. Leipzig  
1830—32. III Th. 8.
- Marivez et Goussier Physique du monde. Par. 1780—  
1787. V T. 4.
- B. G. Sage Institutions de Physique. Paris 1811. 12. IV T. 8.
- — Opuscules de physique. Par. 1813. 8.
- Brisson Traité élémentaire ou principes de physique. Paris  
1789. III T. 8.
- A. Libes Traité complet et élémentaire de physique cet. Par.  
an X. 2me éd. III T. 8.
- R. S. Beudant Essai d'un cours élémentaire et général des  
Sciences physiques. Partie physique. Par. 1816. 8. 3me éd.  
Par. 1824.
- J. B. Biot Traité de physique expérimentale et mathématique.  
Par. 1816. IV T. 8.
- — Précis élémentaire de physique expérimentale. Par. 1817.  
3me éd. Par. 1824. II T. 8. Deutsch von Wolf. Berlin  
1819. Mit vielen Zusätzen von Fechner. Leipz. 1828 u.  
29. V Th. 8.
- Despretz Traité élémentaire de physique. Par. 1825. 2me  
éd. 1830. 8.
- Pouillet. Elémens de physique expérimentale et de météoro-  
logie. Par. 1828. 2me éd. 1831. II T. 8.
- Gay-Lussac Cours de physique; recueilli et publié par Gos-  
selin. Par. 1827 u. 28.



- E. Pécolet *Traité élémentaire de physique*. 2me éd. Par. 1830. II T. 8.
- Caj. del Riccio *Elementi di Fisica, Matematica*. Flor. 1788. 8.
- Elementi di Fisica sperimentale* di Giuseppe Saverio Poli. Edit. tratta dalla sesto di Napoli cet. Venezia 1817. V T. 8.
- Elementi di fisica generale* di A. Mozzoni, Professore di fisica generale nell' J. R. Università di Pavia. 4 ediz. Milano 1822. 8.
- J. Rowanig *A compendious System of natural philosophy* cet. Lond. 1738 — 44. VIII Heft 8.
- James Ferguson *Lectures on select subjects*. 7th ed. Lond. 1790. 8.
- S. Vince *A Plan of a course of Lectures on the principles of natural Philosophy*. Lond. 1793. 8.
- William Nicholson *An Introduction to natural philosophy*. 3d ed. Lond. 1790. II T. 8.
- Tib. Cavallo *Elements of natural philosophy*. Lond. IV T. 8.
- George Adams *Lectures on natural and experimental philosophy*. Lond. 1799. V T. 8.
- — *Vorlesungen über die Experimentalphysik, nach ihrem gegenwärtigen Zustande; aus dem Engl. von Geißler*. Leipz. 1798 u. 99. II T. 8.
- John Robison *A System of mechanical philosophy*. With notes by David Brewster. Edinb. 1822. IV T. 8.
- Thomas Young *A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*. Lond. 1807. II T. 4.
- John Playfair *outlines of natural philosophy, being heads of lectures delivered in the university of Edinburgh*. Lond. 1814 u. 1816. II T. 8. Der dritte Band ist nicht erschienen.
- James Smith *The Panorama of Science and Art*. 9th ed. Lond. 1823. II T. 8.
- John Leslie *Elements of natural philosophy*. Vol. I. including mechanics and hydrostatics. Edinb. 1823.

### C. Encyklopädieen und Wörterbücher.

*Systematische Darstellung aller Erfahrungen in der Naturlehre. Entworfen von J. R. Meyer, bearbeitet von mehreren Gelehrten. Aarau 1806. IV Th. 4. (Enthält bloß einige sehr weitläufige Abhandlungen und kann wegen seiner übermäßig großen Anlage nicht fortgesetzt werden.)*

Dictionnaire universel de Mathématiques et de Physique etc. Par. 1749. II T. 4.

Dictionnaire de Physique portatif etc. par l'Auteur du grand dictionnaire de Phys. Par. et Avign. 1767. 8.

Brisson Dictionnaire raisonné de physique. Par. 1781. II T. 4. desgl. VI T. 8. mit Atlas in 4. Par. an VIII. (1800).

Dictionnaire de Physique, par MM. Monge, Cassini, Bertholon etc. de l'Académie des Sciences. Par. 1793. Enthält die Buchstaben A und B, wozu der zweite Band Supplemente liefert. Dieser und die folgenden haben den Titel: Encyclopédie méthodique. Physique, par MM. Monge, Cassini, Bertholon, Hassenfratz etc. T. II—T. IV. Paris 1816—1822. Im Ganzen IV T. 4. und II T. Kupfer.

A. Libes Nouveau Dictionnaire de Physique. Par. 1806. IV T. 8.

J. S. T. Gehler Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre u. s. w. Leipz. 1787—1795. VI Th. 8. Der 5te ist ein Supplementband, der 6te enthält die Register.

J. C. Fischer Physikalisches Wörterbuch, oder Erklärung der vornehmsten, zur Physik gehörigen Begriffe und Kunstwörter, sowohl nach atomistischer als auch nach dynamischer Lehrart betrachtet u. s. w. Göt. 1798—1804. V Th. 8. Th. VI. Supplementband, Th. VII. Register, Th. VIII—X. Supplementbände. 1823—1827.

C. P. Funke Handwörterbuch der Naturlehre, insonderheit für Ungelehrte und für Liebhaber dieser Wissenschaft. Leipz. 1805. II Th. 8. Th. III. von Lippold. Leipz. 1819.

Chemisches Wörterbuch von Klaproth und Wolf. Berlin 1807—1810. V Th. 8. Supplemente dazu 1816—1819. IV Th. 8. (Die sonstigen chemischen Wörterbücher, z. B. von John, von Ure u. s. w., übergehe ich.)

Charles Hutton philosophical and mathematical Dictionary etc. Lond. 1815. II T. 4.

Encyclopaedia Metropolitana; or universal Dictionary of knowledge etc. second division. Mixed Sciences. Lond. 1829 u. 30. II Vol. gr. 4. Der 3te Th., welcher das Ganze beschließt, ist noch nicht ganz beendigt.

The cabinet Cyclopaedia. Conducted by the Rev. Dionysius Lardner etc. assisted by eminent literary and scien-

tific men, Natural philosophy. London 1831. 8. (noch nicht beendigt).

Nur zum Theil physikalischen Inhalts, zugleich aber hierin sehr vollständig, sind die großen englischen Encyklopädien. Dahin gehört Hoes Cyclopaedia. Lond. 1819. XLIX T. 4. und die *Encyclopaedia Britannica*, Edmb. 1797. XVIII T. 4. mit vielen Supplementbänden, wovon jetzt die 7te Ausgabe mit Einschaltung der Supplemente und die Figuren in Stahl gestochen herauskommt.

### D. Zeitschriften.

Acte eruditorum Lipsiensia. Lips. 1682—1731. L T. 4. Nova acta eruditorum. Lips. 1732—1776. XLIII T. 4. Actor. erud. suppl. 1692—1734. X T. Ad nova acta erud. suppl. 1735—1757. VIII T. Indices. 1692—1745. VI T. zusammen CXVII T. 4.

Hamburgisches Magazin, oder gesammelte Schriften zum Unterricht und Vergnügen aus der Naturforschung und den abgenommen Wissenschaften überhaupt. Hamb. 1746—1763. XXVI T. 8. Neues hamburgisches Magazin. 1767—1784. XX T. 8.

Physikalische Belustigungen. Berlin 1751—56. 30 Stücke. Allgemeines Magazin der Natur, Kunst und Wissenschaften. Leipz. 1753—1767. II T. 8.

Bremisches Magazin zur Ausbreitung der Wissenschaften u. s. w. Bremen 1760—1764. VII Th. 8. Neues Bremisches Magazin, Bremen 1767.

Physikalische Arbeiten der einträchtigen Freunde in Wien. Aufgesammelt von Born. Wien 1783—1785 u. 1787—1791. II Th. 4.

Stralsundisches Magazin, oder Sammlungen auserlesener Neuigkeiten, zur Aufnahme der Naturlehre u. s. w. Berlin 1767—1776. II Th. 8.

Berlinische Sammlungen zur Beförderung der Arzneiwissenschaft, der Naturgeschichte u. s. w. Berlin 1768 ff. 8.

Mannigfaltigkeiten, eine gemeinnützige Wochenschrift. Berlin 1769 ff. 8.

Neue physikalische Belustigungen. Prag 1770 ff. 8.

Sammlung zur Physik und Naturgeschichte. Leipz. 1779—1792. IV Th. 8.

VII. Bd.

N n

Göttingisches Magazin der Wissenschaften und Literatur von Lichtenberg und Forster. Gött. 1780—1785. VI Th. 8.

Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, fortgesetzt von Voigt. Gotha 1781—1796. XI Th. 1 Th. Register. (Heißt auch: Gotha'sches oder Lichtenberg's Magazin.)

J. H. Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde. Weimar 1797—1806. XII. Th. 8.

Leipziger Magazin zur Naturkunde, Mathematik und Oekonomie, herausgegeben von Funk, Leske und Hindenburg. 1781 bis 1800. (In vier Abth., darunter Bernoulli's und Hindenburg's Magazin und Hindenburg's Archiv. 15 Stücke.)

Journal der Physik von Gren. Leipz. 1790—1793. VIII Th. 8.

Dessen Neues Journal d. Physik. Leipz. 1795—1797. IV Th. 8.

Gilbert's Annalen der Physik 1797—1808. XXX Th. 8. Mit besonderem Titel als: Neue Folge, Leipz. 1809—1824. zusammen LXXVI Th. und 1 Th. Register. Fortgesetzt in: Annalen der Physik und Chemie. Herausgegeben zu Berlin von J. C. Pogendorff. Wird fortgesetzt.

Der Galvanismus. Eine Zeitschrift von Prof. Weber. Landshut 1802. 3 Hefte. 8.

Allgemeiner physiokratischer Briefwechsel einer Gesellschaft deutscher Gelehrten. Von J. K. F. Hauff. Erlangen 1810. 1 Hft.

Königsberger Archiv für Naturwissenschaft u. Mathematik. Von Bessel, Hagen, Schweigger und Wrede. 1811 u. 1812. 2 Jahrg. 4 Hfte.

Naturwissenschaftliche Abhandlungen aus Dorpat. Berlin 1823. I Th. 8.

A. N. Scherer Allgemeines Journal der Chemie. Berlin 1798 bis 1802. X Th. 8.

— — Nordische Blätter für Chemiq. Halle, 1817.

— — Allgemeine nordische Annalen der Chemie. Peterb. 1819—1822. VIII Th. 8.

Neues allgemeines Journal der Chemie von Gehlen. 1803—1805. VI Th. 8. Fortsetzungen desselben sind:

1) Journal für die Chemie und Physik von Gehlen. 1806 bis 1810. IX Th. 8.

2) Neues Journal für Chemie und Physik, von Schweigger. Nürnb. 1811—1830. LX Th. 8.

3) **Neues Jahrbuch der Chemie und Physik von Schweigger-Seidel.** Halle 1831. Wird fortgesetzt.

**Französische Annalen für die allgemeine Naturgeschichte, Physik, Chemie, Physiologie u. s. w. von Pfaff u. Friedländer.** 1802—1803. IV T. 8.

**Bülletin des Neuesten und Wissenswürdigsten aus der Naturwissenschaft, von Hermbstädt.** Berlin 1809—1818.

**Isis oder encyklopädische Zeitschrift, herausgegeben von Oken.** Jena 1816 ff. 4. Wird fortgesetzt.

**K. W. G. Kastner deutscher Gewerbsfreund.** Halle 1815 ff.  
— — **Archiv für die gesammte Naturlehre.** Nürnberg. 1824 bis 1829. XVIII Th. **Archiv für Chemie und Meteorologie.** 1830 ff. Wird fortgesetzt.

**Froriep, Notizen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften u. Heilkunde.** Weimar 1821 ff. Jährl. II Th. 4. Wird fortgesetzt.

**Zeitschrift für Meteorologie.** Chemnitz 1825. 1 St.

**Nützliche Neuigkeiten aus dem Gebiete der Haus- und Landwirtschaft und Technologie.** Weimar 1824.

**Fr. von Zach, monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde.** Gotha 1800—1813. XXVIII Th. 8.

**Tübinger Blätter für Naturwissenschaften und Medicin von v. Autenrieth und v. Bohnenberger.** Tüb. 1815—1817. III Th. 8.

**Zeitschrift für Astronomie u. verwandte Wissenschaften.** Herausg. von v. Lindenau und v. Bohnenberger. 1816 u. 17. XII Hefte.

**Jahrbücher des k. k. polytechnischen Institutes, herausgegeben von J. J. Prechtl.** Wien 1819. 8. Jährl. 1 Bd. Wird fortgesetzt.

**Zeitschrift für Physik und Mathematik.** Von A. Baumgartner und A. v. Ettingshausen. Wien 1826. 8. Wird fortgesetzt. (Bis jetzt X Th. 8.)

**Dingler, polytechnisches Journal.** Augsburg. 1819. Wird fortgesetzt.

**K. C. v. Leonhard, Zeitschrift für Mineralogie.** 1825—1829. in monatl. Heften. (Schließt sich an dessen mineralogisches Taschenbuch.) **Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefactenkunde.** Von K. C. v. Leonhard u. H. G. Bronn. 1830. jährlich 4 Hfte. Wird fortgesetzt.

- Hertha, Zeitschrift für Erd- und Völkerkunde. Von Berghaus. Berlin 1825. 8. Wird fortgesetzt.
- Journal des Savans. Par. 1665—1792. CXI T. 4. Seit 1816 wieder fortgesetzt.
- Mémoires de physique et de chimie de la Soc. d'Arcueil. Par. 1807—1810. III T. 8.
- Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts. Par Rozier. Par. 1771. Fortgesetzt als Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle, von de la Mettherie; seit 1818 von Blainville. Im Ganzen CXVII T. 4.
- Annales de Chimie et. Par. 1789—1815. XCVI T. 8. Fortgesetzt in
- Annales de Chimie et de physique par Gay-Lussac et Arago. Par. 1816. 8. Wird fortgesetzt.
- Annales des Sciences d'observation. Par. 1828. 4. Wird fortgesetzt.
- Annales scientifiques, littéraires et industr. de l'Auvergne. Seit 1828. Wird fortgesetzt.
- Annales générales des Sciences physiques, par MM. Bory de St. Vincent, Drapier et van Mons. Bruxelles 1819. Wird fortgesetzt.
- Correspondance astronomique et mathématique. Par M. Quelet. Bruxelles. Bis 1832 VII T. 4. Wird fortgesetzt.
- Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique par M. le Baron de Zach. Gènes 1818—1826. XIV T. 8.
- Bulletin des Sciences de la Soc. philomathique. Erscheint seit mehreren Jahren in einzelnen Lieferungen.
- Bulletin des Sciences mathématiques, physiques et chimiques. Publié sous la direction de M. le Baron de Ferussac. Par. 1823—1831. Jahrl. XII Hfte.
- Journal de l'École polytechnique. Par. 1796—1815. X T. 4. Wird fortgesetzt.
- Correspondance sur l'École Roy. polytechnique. Par Hachette. 1814—1816. III T. 8.
- Bibliothèque britannique et. bis 1816. LX T. 8. Fortgesetzt als Bibliothèque universelle. Sciences et Arts. Von 1816 an jährl. 3 Th. Wird fortgesetzt.
- Archives des découvertes. Par. In vielen Bänden. Wird fortgesetzt.

- L. Brugnattelli biblioteca fisica di Europa.** Pavia. XX T. 8.
- — **Giornale fisico-medico.** Pavia 1794 ff. 8.
- — **e Configliachi Giornale di fisica, chimica e storia naturale.** Pavia 1808—1826. X T. 4.
- Giornale arcadico delle Scienze.** Bis 1828 XL T. 8.
- Giornale di Scienze, Lett. ed Arti per la Sicilia.** Palermo 1824.
- Memorie di fisica, chimica e storia naturale del Regno Veneto-Lombardo.** Padua 1831. Wird fortgesetzt.
- Tilloch's philosophical magazine.** Lond. 1798. 8.
- Annals of Philosophy.** Lond. 1813. (von Thomson). Beide letztere fortgesetzt bis 1826, dann unter dem gemeinschaftlichen Titel: *Philosophical magazine and Annals of Philosophy* vereint. 1827—1832. XI T. 8. Dann vereint mit *Brewster's* neuestem Journale.
- Nicholson's Journal of natural philosophy, Chemistry and the Arts.** 1796—1801. V T. 4.
- London Journal of Literature, Sciences and Arts.** Seit langer Zeit in vielen Bänden.
- Edinburgh philosophical Journal.** Conducted by Dr. Brewster and Prof. Jameson. Edinb. 1819—1826. XIV. T. 8. Fortgesetzt in
- Edinburgh new philosophical Journal.** Conducted by Prof. Jameson. Von 1826 III Hefte, dann jährlich IV. Wird fortgesetzt.
- Edinburgh Journal of Science.** Conducted by Dav. Brewster. Hft. 1 u. 2 von 1824, dann jährlich 4 bis 1829. XX Hefte. Fortgesetzt in: *New series* bis 1832. XII Hfte. Fortgesetzt in *The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science.* Conducted by Sir Dav. Brewster, Richard Taylor, Richard Phillips. 1832. Wird fortgesetzt.
- Edinburgh Journal of natural and geographical Science.** Edinb. 1829 u. 1830. II Vol. 8. *New Series*, Edinb. 1830 u. 1831. VI Hefte. 8.
- The quarterly Journal of Science, Literature and Art.** Lond. 1817—1827. XLIV Hfte. Von da an: *New Series* bis 1830. XII Hefte. Verbunden mit
- Journal of Science and the arts,** edited at the Royal Institution of Great-Britain. 1816—1830. XXVIII T. 8. Seit 1831 als *New Series* fortgehend.

Dublin philosophical Journal. Einige Jahrgänge bis 1826. (Mir nicht vollständig bekannt.)

Boston Journal of Science. T. I. Boston 1825.

Magazin for Naturvidenskaberne. Udgivet of Professoerne G. F. Lundh, C. Hansteen og H. H. Masehmann. Christiania 1823. Jährl. 4 Hfte. Wird fortgesetzt.

Afhandl. i Fysik, Kemi cet. (Eine neuere schwedische, mir nicht vollständig bekannte Zeitschrift.)

Tidsskrift for Naturvidenskaberne. Kiöbenh. (Mir im Original nicht bekannt.)

### E. Schriften gelehrter Gesellschaften.

Miscellanea curiosa, seu ephemerides medico-physicae academiae naturae curiosorum. Norimb. 1670—1706. XXIV T. 4. Ephemerides academiae caes. naturae curiosorum cet. 1712 bis 1722. V T. 4.

Acta physico-medica acad. caes. leopoldino-carolinae nat. cur. 1727—1754. X T.

Nova acta physico-medica acad. caes. leopoldino-carol. nat. cur. Norimb. 1754—1791. VIII T. 4.

Verhandlungen der Leopoldin. Carol. Academie d. Naturforscher. 1818. T. I. Wird fortgesetzt.

Miscellanea beroliniensia cet. Berol. 1710—1743. VII T. 4.

Histoire et mémoires de l'Academie roy. des sciences et belles lettres de Berlin. 1746—1771. XXV T. 4.

Nouveaux Mémoires de l'Academie Roy. des Sc. et belles lettres. Berl. 1770—1787. XVI T. 4.

Mémoires de l'Acad. Roy. de Berlin. 1792.

Histoire de l'Academie royale depuis son origine jusqu'à présent. Berl. 1752. 4.

Abhandlungen der Berliner Academie der Wissenschaften. Berl. 1794. 4. Wird fortgesetzt.

Naturwissenschaftliche Abhandlungen, herausgegeben von einer Gesellschaft in Württemberg. Tüb. 1826 u. 1828. II Th. 8.

Beschäftigungen der Berlinischen Gesellschaft naturforschender Freunde. Berl. 1776—1779. IV Th. 8. Schriften der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde. 1780—1793. XI Th.

Neue Schriften der Berliner Ges. naturf. Freunde. Berl. 1795.

Abhandlungen der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde. Berl. 1796—1805. IV T. 4.



- Magazin der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde. Berl. 1807—1817. IV Th. 4.
- Verhandlungen der Ges. naturf. Freunde zu Berlin. 1819—1821. I Th. 4.
- Abhandlungen der Hallischen naturforschenden Gesellschaft. Leipz. 1787. I Th. 8.
- Neue Schriften der naturf. Ges. in Halle. 1809—1817. III Th. 8.
- Annalen der Wetteranischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde. Frankf. 1809—1811. II Th. 4. Leipz. 1815. 3ter Th. Neue Annalen. Frankf. 1820. 4ter Band.
- Studien des Götting'schen Vereins bergmännischer Freunde. Im Namen ders. herausgeg. von J. F. L. Hausmann. Gött. 1824. Bd. I. Hft. 1. 8.
- Versuche und Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. 1747—1754. IV Th.
- Neue Sammlung von Versuchen und Abhandlungen. Danzig 1778. 4.
- Neueste Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. Halle 1821—1828. II Th. 4.
- Acta academiae elect. moguntinae cet. Erf. et Gothae 1757 ff. II T. 4. 1776—1795. VIII T. 4. Nova Acta 1796—1806. V T. 4.
- Abhandlungen des staatswirthschaftlichen Instituts zu Marburg. Offenbach. 1790. I Th. 8.
- Acta philosophico-medica soc. acad. scient. principalis Hassiacae. Giess. 1771. 4.
- Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. Marb. 1823 u. 1828. II Th. 8.
- Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 1761 bis 1766. III Th. 8.
- Denkschriften der allgemeinen schweiz. Ges. für die gesammten Naturwissenschaften. Zürich 1829. I Th. 4.
- Abhandlungen der kurfürstl. Baierschen Akademie der Wissenschaften. München 1764—1776. X Th. 4.
- Neue philosophische Abhandlungen u. s. w. Augsb. u. Nürnberg. 1779—1797. XII Th. 4.
- Denkschriften der Kön. Academie der Wissenschaften zu München. 1808. Bis jetzt VIII Th. 4. Wird fortgesetzt.
- Jährliche Verhandlungen der Kurländischen Gesellschaft der Wissenschaften. Bis 1819. V Th.

- Abhandlungen einer Privatschule in Böhmen. Prag 1773 bis 1784. VI Th. Von 1785 — 1790. IV Th. Neuere A. III Th. Von 1802 — 1814. IV Th. 8. Später A. der königl. Böhm. Ges. d. W. bis 1823. VIII Th. 8.
- Verhandlungen der k. Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften. Neue Reihe. 1827. Th. I.
- Abhandlungen der Deputation für Gewerbskunde in den preuss. Staaten. Berl. 1827. 4.
- Verhandlungen und Schriften der Hamburg. Gesellschaft zur Beförderung der Künste u. Gewerbe. Hamb. 1792 — 1807. VII Th. 8. Neuerdings fortgesetzt.
- Commentarii Soc. reg. Scient. Gott. 1752 — 1755. IV T. 4.
- Commentarii novi soc. reg. sc. Gott. 1769 — 1777. VIII T. 4.
- Commentationes Soc. Reg. sc. Gott. 1778 — 1808. XVI T. 4.
- Commentationes recentiores cet. 1808 ff. Wird fortgesetzt.
- Teutsche Schriften von der kön. Societät der Wissensch. zu Göttingen herausgegeben. Göt. 1771. 8.
- Acta Societatis Jablonovianae. 1772. Nova acta Soc. Jabl. Wird fortgesetzt.
- Acta Helvetica physico-mathematico-botanico-medica. Basil. 1751 — 1777. VIII T. 4. Nova acta cet. Basil. 1787. 4.
- Historia et commentationes acad. Theodoro-Palat. Mannh. 1776 bis 1794. VII T. in XI Bden. 4.
- Ephemerides Societatis meteorologicae Palatinae. Mannh. 1781 bis 1792. X T. 4.
- Verhandelingen der eerste klasse van het koninglyk Nederlandsche Institut van Weetenschappen, Letterkunde en schone Kunsten te Amsterdam. Amst. 1819. IV T. 4.
- Naturkundige Verhandelingen van het hollandsche Maatschappij der Weetenschappen te Haarlem. Haarlem 1775. Bis 1817. VIII T. 8. Wird fortgesetzt.
- Verhandelingen uitgegeven door het Zeeuwsch Genootschap der Weetenschappen te Vliessingen, Middelb. 1768. 8. Fortgesetzt.
- Verhandelingen van het bataafsch Genootschap de proefondervindelse Wisbegeerte. Rotterd. 1774. 4. Fortgesetzt.
- Allgemeene Konst en Letterbode. Haarlem. Nach Jahrgängen und Nummern. 1788 — 1818.
- Miscellanea Cracoviensia. 1814. 4. Nova. 1820. 4.
- Philosophical Transactions cet. Lond. 1665 — 1791. LXXXI T. 4. Dann for the year 1792 und so fort jährlich 2 — 3 T.

- Philosophical Transactions to 1730, abridged by Lowthorp, Jones, Eames and Martin. Lond. XI T. 4.
- Miscellanea curiosa, being a collection of some of the principal phaen. in nature. Lond. 1701 — 1708. III T. 8.
- Essays and observations, physical and literary, read before a Society in Edinburgh. 1754 — 1779. XII T. 8.
- Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 1788 — 1819. IX T. Wird fortgesetzt.
- Memoirs of the literary and philos. Society of Manchester. Warrington 1785. I T. 8. Lond. 1789 — 1796. V T. 8. Dann New series. Wird fortgesetzt.
- Transactions of the Royal Irish Academie. Dublin and Lond. 1788 — 1830. XVI T. 4.
- Transactions of the Cambridge philosoph. Society. IV T.
- Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, for promoting usefull knowledge. Philad. 1771 bis 1817. VI T. 4. New series. T. I. 1818. Bis jetzt III T. Wird fortgesetzt.
- Memoirs of the American academy of arts and sciences. Boston 1785 — 1816. IV T. 8.
- Transactions of the literary and philosophical Society of New-york. 1814. T. I. Seitdem fortgesetzt.
- Transactions of the geological Society. Lond. 1811 — 1819. V T. 4. New Series 1825. Wird fortgesetzt.
- The Asiatic Miscellany, consisting of original productions cetera Calcutta 1785 — 1788. II T. und New As. Miscellany. Eben-das. 1789.
- Asiatic researches of the Society. of Bengal. Calcutta 1788 — 1825. zus. XXV T. 4. Wird fortgesetzt.
- Transactions of the literary Society of Madras. London. Seit 1825.
- Transactions of the Society for the encouragement of arts, manufactures cetera. Lond. 1783 — 1823. XLI T. 8.
- Der Königl. Academie der Wissenschaften in Paris Physische Ab-handlungen. Von W. B. A. von Steinwehr. Bresl. 1748 bis 1756. XII Th. 8.
- Histoire et mémoires de l'académie Roy. des Sciences. Von 1666 bis 1790. CIII Th. 4. Dazu gehören:
- Recueil des pièces qui ont remporté le prix. Par. 1721 — 1771. IX T. 4.

**Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Académie.** 1750 ff. XI T. 4.

**Machines et inventions approuvées par l'Académie.** 1733—1777. VII T. 4.

**Mémoires de l'Institut national des sciences et Arts.** An IV & la République, bis 1811. XIV T. 4. Dazu gehören: **Mémoires présentés à l'Institut cet.** 1805—1811. II T. 4. **Desgleichen:** Base du système métrique. Par. 1806. III T. 4. Dazu gehört: **Recueil d'Observations géodésiques, astronomiques et physiques cet.** par MM. Biot et Arrago. Par. 1821. 4.

**Mémoires de la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut impérial de France.** Par. 1814 u. 1818. II T. 4.

**Mémoires de l'Académie Roy. des sciences.** Par. 1818 bis jetzt X T. 4. Wird fortgesetzt.

**Histoire de la Société Roy. des Sc. établie à Montpellier.** Lyon 1766. I T. 4.

**Mémoires de Mathém. et de Physique.** Avignon 1755. 4.

**Mémoires de l'Acad. des Sciences de Naples.** T. I. 1825. Wird fortg.

**Mémoires de la Soc. acad. de Savoie.** Seit 1827. Wird fortgesetzt.

**Mémoires de l'Acad. des Sciences et belles Lettres de Bruxelles.** 1780—1788. V T. 4. **Mémoires sur les questions proposées.** 1773—1788. VI T. 4. **Nouveaux Mémoires.** Bis 1830. V T.

**Bulletin de la Soc. d'Encouragement.** In mehreren Bänden nach Jahresfolge bis jetzt fortgesetzt.

**Mémoires de l'Acad. des Sciences de Dijon.** Nach Jahrgängen bis 1829 fortgesetzt.

**Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.** 1822—1830. IV T. 4. Wird fortgesetzt.

**Mémoires de la Société des sciences physiques de Lausanne.** 1784 bis 1790. III T. 4.

**Mémoires de la Société des naturalistes de l'université impériale de Moscou.** 1806—1831. X T. 4. **Bulletin de la Soc. Imp. des Nat. de Moscou.** 1831. T. I.

**Memorias da Academia Real das Sciencias de Lisboa.** 1781 bis 1791. T. I. fol.

**Memorias de Mathematica e Physica da Academia Real das Sciencias de Lisboa.** 1799—1812. T. II u. III. fol.

**Historia e Memorias da Academia Real das sciencias de Lisboa.** 1815—1827. T. IV—X. fol.

Miscellanea instructiva, curiosa y agradable. Alcala 1766. III T.

Madrid. 1797 — 1798. VI. T. zus. IX T. 4.

Saggi di naturali esperienze fatte nell' accademia del Cimento. Fir.

1667 ff. 1691 ff. Ven. 1761. Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento cet. in lat. conversa ed. Pet. van Musschenbroek. Vien. 1756. 4.

Saggi scientifici e letterarii dell' Accademia di Padova. 1786 bis 1794. IV T. 4.

Atti della Reale accademia delle Scienze di Napoli. Nap. 1788. 4.

Wird fortgesetzt.

Nuovi Saggi della Cesareo-Regia Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Padova. Pad. 1817. 4.

Commentarii de Bononiensi scientiarum et artium instituto atque academia. Bonon. 1731 — 1791. VII T. 4. Später erschien Collez. u. Nuov. Collez. di opusc. Scientif. Bologna. Bis 1826.

Pensieri fisico-matematici. Bologna 1767 ff.

Opuscoli scientifici di Bologna. 16 Hefte.

Saggi di dissertazioni accademiche pubblicamente lette nell' accademia etrusca di Cortona. Rom. e Fir. 1735 — 1791. IX T. 4.

Miscellanea philosophico-mathematica soc. priv. Taurinensis. 1759.

Mélanges de Philosophie et de mathématique de la Soc. roy. de Turin. 1761 — 1776. V T. 4.

Mémoires de l'Académie des sc. de Turin. 1786 — 1801. VI T. 4.

Mémoires de l'Acad. des Sc. Lit. et Beaux-Arts de Turin. Sciences phys. et math. Tur. 1802 — 1813. V T. 4.

Memorie della reale Accad. delle Scienze di Torino. Bis 1827 XXX T. Seitdem nach Jahrgängen fortgesetzt.

Atti dell' Accademia delle Scienze di Siena, detta de' fisico-critici. Siena 1760 — 1800. VIII T. 4.

Atti della società patriottica di Milano, diretta all' avanzamento dell' agricoltura, delle arti e delle manifatture. Milano 1788 bis 1793. III T. 4. Memorie dell' Istituto di Milano. Bis 1825. XIII T.

Scelta di opuscola interessanti. Milano 1773 ff. XXXVI T. 12.

Opuscoli scelti sulle Scienze e sulle arti. Milano 1778 — 1795. XVIII T. 4.

Memorie di matematica e fisica della Società Italiana. Verona e Modena 1782 — 1820. XXVI T. 4.

Commentarii academiae Petropolitanae. Petrop. 1726 — 1752.

XIV T. 4. Novi Commentarii acad. Petrop. 1750 — 1776.

XX T. 4. Acta acad. Petrop. 1717—1789. VI T. 4. Nova acta Acad. Pet. 1783—1806. XV T. 4. Mémoires de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Petersb. 1809—1824. X T. 4. Wird fortgesetzt seit 1826 als T. I. Bis jetzt T. III.

Acta literaria Sueciae. Upsal. 1720—1739. IV T. 4.

Acta Soc. Reg. Upsaliensis. Ups. 1740—1750. V T. 4.

Nova Acta Soc. Reg. Upsal. Ups. 1773—1832. IX T. 4. Wird fortgesetzt.

Kongl. Svenska vetenskaps akademiens-handlingar. Stockh. 1740—1779. und Nya Handlingar 1780—1813. LXXVI T. 8. Wird fortgesetzt.

Kongl. Svenska Vitterhets Academiens handlingar. Stockholm 1755—1807.

Abhandlungen der Königl. Schwed. Academie. Uebers. von A. G. Kästner u. a. Hamb. 1749 ff. XLI Th. 8. Neue Abhandl. 1784—92. XII Th. 8.

Skrifter som udi det Kiøbenhavnske Selskab ere Fremde. 1745—1779. XII T. 4. Die ersten III T. Scripta Soc. Hafn.

Acta literaria universitatis Hafniensis. Copenh. 1778. 4.

Nye Samling af det Kongelige Danske Videnskabers selskabs skrifter. Kiøb. 1781—1799. V T. 4.

Abhandlungen, phys. chem. naturhist. und mathematische. Aus der neuen Sammlung der Schr. d. Kön. Dän. Ges. d. W. Von P. Scheel und C. F. Degen. Copenh. 1798—1803. II Th. 8.

Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. Kiøb. 1801—1818. VI T. 4. Wird fortgesetzt.

Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs naturvidenskabelige og mathematiske Afhandlingar. Kiøb. 1824 u. 1826. II T. 4.

Acta Reg. Soc. Hafniensis. Hafn. 1812. IV T. 8. Nova Acta Reg. Soc. Hafn. ibid. 1819. Vol. I.

Trondhiemske selskabs skrifter. Kiøb. 1761—1774. III T.

Det Kongelige Norske Videnskabers selskabs skrifter. Kiøb. 1768—74. V T. Nye Samling af det Kongelige Norske Videnskabers selskabs skrifter. Kiøb. 1784 ff.

Det Kongelige norske Videnskabers selskabs skrifter i det 19 Aarhundrede. Kiøb. 1817. I T. 4.

Außer den genannten existiren noch verschiedene Zeitschriften und Sammlungen, deren einige schätzbare Abhandlungen

gen physikalischen Institute enthalten, z. B. die zunächst für Mathematik, Astronomie, Chemie, Naturgeschichte, Mineralogie und Technologie bestimmten, wie die *Connaissance des temps*, das Berliner astronomische Jahrbuch, die allgemeinen geographischen Ephemeriden u. a. m. Inzwischen halte ich die mitgetheilte Uebersicht rücksichtlich des vorliegenden Zweckes für genügend.

M.

## Pistole, elektrische.

Donnerbüchse, Knallpistole; *Sclopetarium electricum*; Pistolet électrique; *Electric or Volta's Pistol*.

Eine Vorrichtung, in welcher die Explosion der durch den elektrischen Funken entzündeten Knallluft einen Pfropf oder eine Kugel mit Gewalt aus einer Röhre treibt. Der Versuch damit dient zum Beweise der Entzündung brennbarer Stoffe durch den elektrischen Funken und der explodirenden Kraft der Knallluft. Die Vorrichtung zu diesem Versuche, der besonders in der ersten Zeit nach seiner Auffindung überraschend erschien, ist mit mancherlei Abänderungen dargestellt worden, hat besonders unter der Form einer Pistole, freilich mehr als Spielwerk als zu einem ernsthafteren Gebrauche, Beifall gefunden und macht gewöhnlich einen Theil der elektrischen Geräthschaften in den physikalischen Cabinetten aus. Daß sich Luft mit brennbaren Dünsten vermischt und insbesondere die auf chemischem Wege erhaltene brennbare Luft durch den elektrischen Funken entzünden lasse, war schon WATSON bekannt<sup>1</sup>, noch ehe man die brennbare Luft gehörig kannte. Auch NOLLER hat diese Versuche wiederholt. VOLTA aber verfiel bei seinen Untersuchungen über die Sumpfluft, mit welcher er die leichte brennbare Luft, deren Eigenschaften seitdem vorzüglich durch die Versuche von CAVEDISH in ein helleres Licht gestellt worden waren, verglich, auf die Anwendung dieser leichten brennbaren Luft statt des Schießpulvers zum Abfeuern in eigends dazu hergestellten, mit einer Pistole einigermaßen vergleichbaren Vorrichtungen und, wie er selbst versichert, ohne damals von

1 Phil. Trans. T. XLIII. p. 495.

Watson's früherer Erfahrung Kenntnissgehalt zu haben, auf die Anwendung des elektrischen Funkens zur Entzündung einer Knallluft aus atmosphärischer Luft oder aus Sauerstoffgas und brennbarer Luft in dergleichen Geräthschaften. In drei Briefen an den Marchese CASTELLI vom April und Mai 1777<sup>1</sup> theilt er demselben eine Beschreibung seiner mannigfaltigen in dieser Hinsicht angestellten sinnreichen Versuche mit. Erst hatte er sich nur der gewöhnlichen Flamme bedient, um die Knallluft in seiner Pistole zu entzünden, nachdem er aber auf den glücklichen Gedanken gekommen war, den elektrischen Funken zur Entzündung anzuwenden, wurden diese Vorrichtungen von ihm sehr vereinfacht. Er bediente sich nämlich zu solchen Explosionen bloßer gläserner Gefäße, in welche seitlich durch Oeffnungen durch Glasröhren und Kork und Kitt befestigte isolirte messingene Drähte gingen, die einander im Innern nahe genug standen, daß auch der kleinste Funken des Deckels eines Elektrophors noch überspringen konnte, da ein solcher schon hinreichte, die Knallluft zu entzünden. Um solche Gefäße bequem mit der Knallluft zu füllen, bediente sich VOLTA der Hirsenkörper, von welchen er in die Knallpistole so viel schüttete, daß die nachmalige des Raums der Hirsenkörper einnehmende brennbare Luft in dem angemessensten Mengenverhältnisse zur atmosphärischen Luft in dem Gefäße stand. Die Knallpistole wurde dann luftdicht auf die mit einem Hahne versehene Flasche, in welcher sich die brennbare Luft befand, aufgesetzt, wo dann nach Oeffnung des Hahns die Hirsenkörper in die untere Flasche herabfielen und ein gleiches Volumen Wasserstoffgas an ihre Stelle in die Knallpistole trat. Bei gehöriger Größe der Flasche konnte das Laden und Abfeuern der Knallpistole mehrere Male wiederholt werden. Indem mehrere solche Knallpistolen durch Hälchen, welche die Zuleitung der Elektricität in das Innere bedingten, verbunden wurden, konnte bei hinlänglicher Stärke des elektrischen Funkens eine Reihe derselben auf einmal abgeschossen werden. VOLTA empfahl auch schon

<sup>1</sup> Briefe über die entzündbare Luft der Sümpfe von Herrn ALEX. VOLTA nebst drei andern Briefen von dem nämlichen Verfasser. Aus dem Italiänischen übersetzt von C. H. KÖSTLIN. Stuttgart 1778. Auch in der Collezione dell' opere del Cavaliere Conte ALESSANDRO VOLTA. Firenze 1816. T. III. p. 133.



damals dieses Abbrennen der brennbaren Luft mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas in verschlossenen Gefäßen im Großen, um das Product des Verbrennens anzumitteln, indem er schon richtig erkannt hatte, daß hierbei die ganze brennbare Luft und der vierte Theil der atmosphärischen Luft ihren gasförmigen Zustand verloren habe, und er erwartete zugleich einen Niederschlag aus der brennbaren Luft, von der er nach der damals herrschenden phlogistischen Ansicht voraussetzte, daß sie durch Verlust ihres Brennbaren (Phlogistons) ihren gasförmigen Zustand verloren habe, welches Phlogiston durch ihren Uebergang an die atmosphärische Luft die Verminderung des Volumens derselben bewirke.

Die überraschenden Versuche VOLTA's wurden ein Gegenstand häufiger Wiederholung und die Apparate zur Anstellung derselben wurden mannigfaltig abgeändert. Wegen der Gefahr der Zersprengung gläserner Gefäße werden diese Instrumente gewöhnlich von Messing verfertigt und bestehen aus einem im Allgemeinen cylinderförmigen Körper B C mit einem Halse, dessen Oeffnung A mit einem Kork verschlossen ist. Am Boden ist ein durchbohrtes Stück Messing eingeschraubt und in dasselbe eine Glasröhre D E eingekittet, in welcher der mit einem Knopfe F versehene Draht G F befestigt ist, dessen Ende G so umgebogen wird, daß es nur 1 bis 2 Linien weit von dem Messing absteht. Wenn die Pistole nicht gebraucht wird, so schraubt man noch eine messingene Haube über das äußere Ende der Glasröhre E und den Knopf des Drahtes F, um beide gegen Feuchtigkeit und Verletzung zu schützen. Will man sie laden, so zieht man den Kork aus der Oeffnung A und hält dieselbe sehr genau an die Mündung einer mit brennbarer Luft gefüllten Flasche, die man in eben dem Augenblicke erst geöffnet hat. Dabei steigt die leichtere brennbare Luft aus der Flasche in die Pistole auf, mischt sich mit der darin enthaltenen atmosphärischen Luft und bildet damit eine Knallluft. Hat man auf diese Art die Pistole etwa 15 bis 20 Secunden lang über die Flasche gehalten, so verschließt man beide augenblicklich mit genau passenden Korkstöpseln. Noch genauer wird man das richtige Verhältniß der brennbaren Luft zur atmosphärischen (zwei Theile der ersteren zu fünf Theilen der letztern) erhalten, wenn man nach VOLTA's Vorgang in die Pistole vorher die gehörige Menge Hirsenkörner (besser als trocknen Sand, der sich

eher im Innern anhängt) bringt und diese in die Flasche mit brennbarer Luft hinunterfallen lässt. Wenn man hernach den untern Theil der Pistole mit der Hand hält, die Haube abnimmt und dem Knopfe F an dem aufgehobenen Deckel eines in Thätigkeit gesetzten Elektrophors, an dem elektrisirten Conductor einer Elektrisirmaschine oder an dem Knopfe einer geladenen Leidner Flasche einen Funken giebt, so entsteht ein zweier Funken zwischen dem gebogenen Ende des Drahtes und dem Boden des Gefäßes B C. Dieser entzündet die Knallluft mit einer Explosion, welche den Kork bei A mit großer Gewalt fortreibt. Man kann aus einer Flasche mit brennbarer Luft die Pistole mehrmals nach einander laden, nur muß man sie bei jedem folgenden Male etwas länger als vorher über der Flasche halten.

Man kann in diesen gemeinen Pistolen keine Mischung von Luftarten nach ganz genauen Verhältnissen machen, da selbst VOLTA'S Methode doch nur eine Annäherung dazu gewährt. Daher gab Dr. INGENHOUS<sup>1</sup> eine etwas zusammengesetztere Einrichtung an, deren Beschreibung und Abbildung man auch bei CAVALLO<sup>2</sup> findet. Sie besteht aus drei zusammengeschrabten Stücken, dem Laufe, der Kammer und dem Handgriffe. Durch den letztern geht die Stange eines Kolbens, der sich in ein kegelförmiges Stück Elfenbein endigt, welches in das innere konische Ende der Kammer vollkommen anschliesst. Um nun die Pistole zu laden, muß man die schon vorher bereitete Knallluft in einer Blase vorrätzig haben. Man stößt den Kolben dicht an den konischen Theil der Kammer, schraubt den Lauf ab, hält die Oeffnung der Kammer an die Blase und zieht den Kolben zurück, wodurch sich die Kammer mit Knallluft anfüllt. Alsdann nimmt man die Blase ab, bringt augenblicklich eine mit weichem Leder umwickelte Bleikugel in die Mündung und schraubt den Lauf wieder darüber. Die Entzündung geschieht vermittelt zweier in dem Elfenbein am Kolben angebrachter Drähte mit Knöpfen, die nicht weit von einander abstehn, und deren einer mit dem Messing des Instruments verbunden, der andere aber in einer Glasröhre isolirt ist und sich

1 Phil. Trans. T. LXIX. P. II. p. 410.

2 Abhandlung über die Natur und Eigenschaften der Luft. Leipz. 1788. 8. S. 277.

auswendig in einen Knopf endigt, den man den Faden geben kann. Die Drähte müssen so tief im Elfenbein liegen, daß sie den Gang und das Anschließen des Kolbens nicht hindern.

Dr. INGENROUSS fand die Wirkungen dieses Instruments ungemein stark. Er war bei den damit angestellten Versuchen auf die Entdeckung gekommen, daß die Dünste des Schwefeläthers, der gemeinen Luft und noch mehr der dephlogistisirten Luft beigemischt, eine noch viel stärkere Knallluft geben, als die brennbare Luft. Eine starke von NAIERNE verfertigte Pistole ward durch Abfeuerung von dephlogistisirter Luft nach einem hinzugebrachten Tropfen Aether ganz zerrüttet und ihre metallene Kammer von der Dicke eines Thalers mit grosser Gefahr der Umstehenden zerschmettert. Eben diese Pistole zersprang nach ihrer Wiederherstellung zum zweitenmale, obgleich sogar der Lauf offen war. Es erklärt sich diese große Gewalt der Aetherdünste aus ihrer großen Dichtigkeit, verglichen mit der brennbaren Luft, und also aus der Menge der brennbaren Theile bei gleichem Volumen. Wenn man ein Stückchen Schwamm mit Hofmann'schem Geiste (*liquor anodynus*) getränkt in die Hölzung der Kammer hängt und durch 3 bis 4maliges Schwenken die Luft mit den Dünsten dieses Geistes mischt, so kann man sie ohne weitere Vorbereitung abbrennen und dieses Verfahren 8 bis 10mal wiederholen, wenn nur die Nässe des Schwammes nicht an den Draht kommt, der die Elektrizität leitet, und dessen Isolirung aufhebt.

Endlich erfand PICKEL, der bei den erwähnten Versuchen von INGENROUSS gegenwärtig gewesen war, eine eigene zum Geschwindschießen sehr bequem eingerichtete Pistole, bei welcher auch, um die Gefahr des Zerspringens zu verhüten, auf eine hinlängliche Dicke der Wände gehörige Rücksicht genommen war. Ihr Körper ist cylindrisch, an einem Ende in eine Kugel ausgehend, und faßt 14 Kubikzoll Luft. Es paßt ein Stempel darin, durch dessen Stange ein Canal der ganzen Länge nach durchgebohrt ist; ein Maßstab auf der Stange zeigt, wie viele Kubikzolle der durch die Zurückziehung entstandene Raum faßt. Der Canal des Stempels hat einen Hahn und daran kann eine mit Knallluft gefüllte Blase geschraubt werden. Zieht man nun bei geöffnetem Hahn den Stempel zurück, so tritt so viel Knallluft, als der Maßstab anzeigt, aus der Blase in den Körper der Pistole. Durch die Seitenwand dieses Körpers

ist ein Stück Messing eingeschraubt, durch welches ein Messingdraht, in einer Glasröhre isolirt und auswendig in einen Knopf endigend, hindurchgeht. Dieses Drahtes inneres Ende biegt sich gegen das Metall der Pistole, darf aber dem Gange des Stempels nicht im Wege stehn, was nur bei einer bedeutenden Dicke der Wandungen der Pistole ausführbar ist. Ist der Körper der Pistole mit Knallluft gefüllt, so wird der Hahn geschlossen und der Knopf des Drahtes mit dem abgehobenen Deckel eines Elektrophors oder dem Knopfe einer geladenen Flasche berührt. Nach dem ersten Abfeuern wird der Stempel wieder hineingestoßen, eine neue Kugel oder ein Korkstöpsel vorgelegt, der Hahn geöffnet und der Körper der Pistole durch Zurückziehung des Stempels aufs neue geladen, worauf man den Hahn wieder schließt und zum zweitenmale abfeuert. So kann man in einer Minute 8 bis 10 Schüsse thun. Hat man in der Blase brennbare Luft, die man in einem gegebenen Verhältnisse mit gemeiner mischen will, so dient dazu der Maßstab. Der Stempel wird noch vor Einbringung der Kugel oder des Korkstöpsels bei geschlossenem Hahne bis auf den gehörigen Grad zurückgezogen, wodurch sich der nöthige Raum mit gemeiner Luft füllt. Verstopft man alsdann die Mündung der Pistole mit dem Stöpsel, öffnet den Hahn und zieht den Stempel völlig zurück, so kommt der erforderliche Theil brennbarer Luft aus der Blase hinzu.

Zur Abbrennung des Aetherdunstes mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas hat Dr. INGENHOUS in dem vordern konischen Theile des Stempels eine kleine durchlöchernte Kammer angebracht, in die ein Stückchen Schwamm, mit HOFMANN'S Liquor oder mit Schwefeläther getränkt, eingelegt wird. Durch diese Kammer muß die gemeine Luft oder das Sauerstoffgas, für welchen Fall man vorher eine damit gefüllte Blase an den hintern Hahn der Pistole angeschraubt hat, beim Zurückziehen des Stempels durchstreichen und nimmt dann den Dunst in sich auf. Nimmt man hierbei Sauerstoffgas, so wird der Knall dem Gehöre fast unerträglich und die Explosion so heftig, daß man von der Haltbarkeit der Pistole sehr gewiß versichert seyn muß. Zur Entzündung dieser Art von Knallluft ist indessen ein etwas stärkerer Funken erforderlich, am besten aus einer kleinen, aber stark geladenen Leidner Flasche.

äußern Gestalt dieses sinnreich construirten Apparats, der innere Bau seiner Theile aber wird am besten aus der Darstellung des Durchchnittes erkannt. Der Körper derselben ist ein starker Cylinder *kk* von gegossenem Messing oder Kanonenmetall, welcher vorn in einen Kegel endigt, der mittelst einer starken Schraube an dem Cylinder hält, übrigens aber auch angelöthet werden könnte. Die Mündung dieser Pistole ist sehr weit, damit man einen dicken Stöpsel einkeilen kann. Will man mit einer Kugel schießen, so schraubt man einen engern Lauf an. Der Stempel *A* läuft, um sich an den vordern Theil der Pistole genau anzulegen, in einen Kegel aus. Der walzenförmige Theil des Stempels, der an die inneren Wände der Pistole andrückt, ist mit einem gut ausgesuchten und genau nach der Höhle der Pistole gearbeiteten Korke versehen. Der vordere konische Theil des Stempels hat eine kleine Kammer oder Höhle, die man öffnen kann, wenn man die Platte, welche die Spitze des abgeschnittenen Kegels macht, abschraubt. Diese Kammer dient dazu, um einen mit Aether, Hofmann'schen Tropfen oder einer andern leicht verdunstbaren brennbaren Flüssigkeit getränkten Schwamm aufzunehmen, und hat seitwärts eine kleine Oeffnung, durch welche die Luft und mit dieser die Dünste in die Höhle der Pistole übergeln können. Der Stempel *A* ist an der messingenen Stange oder Handhabe *B* befestigt, durch deren Mitte ein ziemlich weiter Canal hinläuft, der auch im Stempel sich bis zu dessen vorderer Kammer fortsetzt. Dieser Canal unterhält eine Gemeinschaft mit dem Hahne *C*, wenn dieser so gedreht ist, wie es die Figur zeigt; giebt man ihm aber eine Viertelwendung, so ist die Gemeinschaft abgeschnitten. Das Stück Messing *Q*, versehen mit einem Hahne *E* und der aufgebundenen Blase *F*, kann auf eine Glocke aufgesteckt werden, um mit dem Gase in derselben die Blase zu füllen, welches demnächst nach Oeffnung des Hahns durch den Canal in den Körper der Pistole strömt, wenn nach Schließung der Mündung und beim Zurückziehn des Stücks *A* ein leerer Raum darin entsteht. Mitten aus dem Raume im hohlen Cylinder erhebt sich ein Messingdraht, welcher oben mit einer Kugel *N* versehen ist und, um ihn zu isoliren, mittelst Siegellacks in einer Glasröhre befestigt wird. Diese Glasröhre ist wieder in das Stück Messing *P*, das mit seiner Schraube in den hervorragenden Theil der Pistole *O* eingreift, mittelst Siegellacks eingekittet.

Dieser Messingdraht ist da, um den elektrischen Funken in die Pistole hineinzuleiten; er muß aber schon in der Höhle des hervorstehenden Theils O endigen, damit er der freien Bewegung des Stempels nicht im Wege stehe.

So wie gleich Anfangs VOLTA, so haben später mehrere andere, z. B. SCHÄFER<sup>1</sup> und WEBER<sup>2</sup>, gläserne Werkzeuge angegeben und beschrieben, welche die Stelle einer solchen Pistole vertreten sollen, doch lassen sich solchen Apparaten keine starken Explosionen zumuthen. Wer zu spielen Lust hat, kann sich selbst mancherlei Einrichtungen erdenken, welche die äussere Gestalt der gewöhnlichen Feurgewehre haben. So beschreibt WEBER<sup>3</sup> eine elektrische Kanone, und WISSHOFF, Priester in Chiemsee<sup>4</sup>, eine Flinte, völlig wie die gewöhnlichen, in deren Kolben ein geladenes Fläschchen verborgen und statt des Flintenschlosses ein Spannwerk angebracht ist, das durch den Drücker gelöst einen Stift gegen den Haken der Flasche führt und diese dadurch entladet<sup>5</sup>. P.

## Planetarium.

Planetenmaschine; *machina planetaria*; *planétaire*; *orrery*<sup>6</sup>; ist eine mit Räderwerk versehene Maschine, an welcher Kugeln, welche die Planeten vorstellen, um die in der Mitte stehende Sonne in verhältnißmäßigen Entfernungen und in Zeiten, die ihren wahren Umlaufszeiten proportional sind, herumgeführt werden. Diese Darstellung der Bewe-

1 Abbildung und Beschreibung der elektrischen Pistole. Regensburg 1779. 4.

2 Abhandlung vom Luftelektrophor. 2te Aufl. Ulm 1779. 8.

3 A. a. O. S. 87.

4 Beschreibung einer elektrischen Flinte. Salzburg 1780. 8.

5 Vergl. JOHANN INGENHOUS Vermischte Schriften physisch-medicinischen Inhalts, übersetzt und herausgegeben von N. C. MOLITOR. Wien 1782. 8. TH. CAVALLO Abhandlung von der Natur und den Eigenschaften der Luft. Aus dem Engl. Leipzig 1783. gr. 8.

6 Ob der Name *orrery* von *orbital* herkommt, wie KÄSTNER glaubt, ist ungewiß. Nach der Meinung Anderer soll STEELE den Namen einer solchen Maschine, die ein Lord ORRERY besaß, gegeben haben.

gungen der Planeten kann allerdings für Lernende, welche die relativen Bewegungen der Planeten gegen die Erde, die Umstände, wodurch ihr scheinbares Vorwärtsgehn, ihr Rückwärtsgehn, ihr Stillstand u. s. w. bestimmt wird, kennen lernen wollen, von Nutzen seyn. Sind die Planetarien bloß so eingerichtet, daß sie nicht zugleich alle ihre Bewegungen fortsetzen, sondern einzeln mit der Hand fortgeschoben werden, so läßt sich dieses alles nur unvollkommener zeigen; aber man kann wenigstens die gegenseitigen Stellungen zu bestimmten Zeiten vor Augen legen. Um bloß die Bewegung der Erde und des Mondes und die Stellungen des letztern gegen die Sonne darzustellen, läßt man in einer ähnlichen Maschine bloß die Erde um die Sonne gehn, giebt ihr aber dann zugleich eine Axendrehung und fügt ihr den Mond bei, der während eines Umlaufs der Erde um die Sonne seine Umläufe um die Erde vollendet. Wenn hier, wie es sich gehört, die Umdrehungs-Axe der Erde die gehörige Neigung gegen die Ekliptik hat, so läßt sich die Länge und Kürze der Tage in verschiedenen Jahreszeiten und an verschiedenen Orten der Erde an solchen Maschinen recht wohl zeigen, nur ist es unmöglich, die Größe der Erde selbst in gehörigem Verhältnisse gegen die Entfernung darzustellen, und auf diese Abweichung muß bei Erklärung der Erscheinungen einige Rücksicht genommen werden.

Nach einigen in den alten Schriftstellern vorkommenden Nachrichten<sup>1</sup> hat schon ARCHIMEDES ein Planetarium gebaut; wo eine Umdrehung alle Bewegungen der Sonne, des Mondes und der Planeten regirte. POSIDONIUS hat eine ähnliche Darstellung der Bewegungen der Himmelskörper besessen<sup>2</sup>. In der spätern Zeit soll BOETHIUS eine solche Maschine gehabt haben. Einige im 16ten Jahrh. verfertigte Darstellungen der himmlischen Bewegungen erwähnt MARTIN<sup>3</sup>. VON HUYGHENS besitzen wir eine Beschreibung eines Planetariums<sup>4</sup>. FRAGUSON, NOLLET, MARTIN haben gleichfalls Beschreibungen ähnlicher Maschinen geliefert<sup>5</sup>.

1 Ciu. Quaest. Tusc. I. 25.

2 Cic. de nat. Deor. II. 34.

3 Philos. Britannica. 3ter Th. S. 199 der Uebersetzung.

4 Descriptio automati planetarii, in den Operib. reliqu. Amst. 1728. Tom. II.

5 FRAGUSON's astronomy explained. NOLLET leçons de phys. MARTIN philosophia britannica. II. 197.

In späterer Zeit sind manche solcher Maschinen verfertigt worden, wovon das Einzelne anzuführen wohl unnötig ist <sup>1</sup>.

B.

## P l a n e t e n.

*Planetae, stellae errantes; Planètes; Planets*

Die Sterne, welche keinen unveränderlichen Ort am Himmel einnehmen, erhielten den Namen *Planeten* (von *πλανέω*, herumirren) im Gegensatze gegen die *Fixsterne*; indeß würde es sehr unpassend seyn, wenn man ihnen jetzt noch den Namen *Irrsterne* beilegen wollte, da ihre so sehr regelmäßigen Bewegungen keineswegs gestatten, sie als regellos herumirrende zu bezeichnen; man wird daher den Namen *Planeten* lieber beibehalten, als dem alten Irrthum dadurch, daß man ihn ins Deutsche übersetzt, noch mehr hervorheben.

In ältern Zeiten und nach dem Ptolemäischen Weltsysteme zählte man die Sonne und den Mond mit unter die *Planeten*, weil auch sie unter den Fixsternen, deren Lage gegen einander unveränderlich bleibt, eine immerfort sich ändernde Stellung einnehmen. Die neuern Astronomen bezeichnen dagegen nur diejenigen Weltkörper, die in Bahnen, welche wenig von einem Kreise abweichen, sich um die Sonne bewegen, mit dem Namen *Planeten*, der Mond dagegen wird, so wie die Monde des Jupiter, Saturn, Uranus, als ein Nebenplanet angesehen, weil er die Erde in ihrem Laufe um die Sonne begleitet.

Wir kennen jetzt zehn uns am Himmel sichtbare Hauptplaneten, die sich in elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen. Sie alle sind dunkle Körper, die ihr Licht von der Sonne empfangen; alle sind Körper von erheblicher Dichtigkeit und stellen sich uns so dar, daß wir sie als feste Körper zu betrachten veranlaßt sind; dadurch unterscheiden sie sich von den Kometen, die nur selten einen genau kenntlichen, sehr begrenzten Kern, einem festen Körper gleichend, darbieten, dagegen aber mit einer weit ausgedehnten durchsichtigen Mate-

---

<sup>1</sup> VAN SWINDEN Beschreibung eines Planetarium, übers. v. MEYER. (Leipz. 1807.) RINDEL die Verbindung der Sonne, der Erde und des Mondes in einem Modell dargestellt. Leipz. 1783. GRIPKE kurze Darstellung des Weltgebäudes, nebst Anleitung zum Gebrauch seines Planetarii. Braunschw. 1809. Auch GÄRTNER'S Cosmoglobus gehört hierher.



sie umgeben sind. Unter diesen zehn Planeten sind fünf, *Mercurius, Venus, Mars, Jupiter, Saturn*, welche sich leicht dem bloßen Auge darbieten, schon seit den ältesten Zeiten bekannt gewesen; sie nebst Sonne und Mond waren die sieben Planeten der Alten, von denen auch die Wochentage ihre Namen haben<sup>1</sup>. Im Jahre 1781 entdeckte HENSCHEL einen sechsten Planeten, den er *Uranus* nannte; 1801 entdeckte PIAZZI einen siebenten Planeten *Ceres* und kurz nachher OLBERS die Planeten *Pallas* und *Vesta*, HANDBRUE den Planeten *Juno*. Die vier letzteren war HENSCHEL geneigt mit dem eigenen Namen *Asteroiden* zu belegen, weil sie sich von den übrigen Planeten durch ihre Kleinheit, durch eine mehr excentrische und mehr gegen die Ekliptik geneigte Bahn unterscheiden; aber diese Benennung hat, da doch diese Planeten in nichts Wesentlichem sich von den übrigen unterscheiden, keinen Beifall gefunden.

Da jedem dieser Planeten ein eigener Artikel gewidmet ist und von der Bahn der Planeten in dem Art. *Bahn*, von den Kräften, die ihre Bewegung bestimmen, in dem Art. *Centralkräfte* geredet worden ist, so können hier nur einige allgemeine Bemerkungen Platz finden: -

Diejenigen Planeten heißen *untere Planeten*, welche der Sonne näher sind, als der von uns bewohnte Planet; *obere Planeten* sind dagegen diejenigen, welche einen größern Abstand als die Erde von der Sonne haben. *Mercurius* und *Venus* sind die untern Planeten. An ihnen zeigt sich am deutlichsten, daß die Planeten dunkle Körper sind, indem man sie ganz oder nur zum Theil erleuchtet sieht, je nachdem es ihre Stellung gegen die Sonne, wenn wir sie als dunkle, von der Sonne erleuchtete Kugeln betrachten, fordert<sup>2</sup>. Sie entfernen sich scheinbar nie sehr weit von der Sonne und erscheinen daher nur kurz vor Sonnen-Aufgang und kurz nach Sonnen-Untergang, weshalb sie auch zur einen Zeit als *Morgenstern*, zur andern als *Abendstern* bezeichnet werden; — Namen, die man vorzüglich der *Venus*, weil sie sich jedem Beobachter so leicht zeigt, beigelegt hat. Die oberen Planeten stehn bald der Sonne gegenüber, bald nähern sie sich der Sonne oder entfernen sich von ihr, und ihr scheinbarer Lauf ist anscheinend unregelmäßig, aber es läßt

1 S. Art. *Wochentage*.

2 S. Art. *Phasen*.

sich leicht zeigen, daß die Bewegung der Erde um die Sonne die Ursache dieser bloß scheinbaren Unregelmäßigkeiten ist. Die Erde ist nämlich selbst ein *Planet* und bewegt sich ebenso wie die übrigen zehn Planeten um die Sonne. Alle bewegen sich nach der Ordnung, oder Folge der Zeichen um dieselbe; aber ihre relative Bewegung gegen die bewegte Erde ist zuweilen eine *rückläufige*, wenn die Erde dem Planeten voraus eilt und ihn daher in Vergleichung gegen die Fixsterne hinter sich zurückzulassen scheint. Diese scheinbaren Bewegungen erklären sich vollständig, wenn man sich daran erinnert, daß die Fixsterne so weit entfernt sind, daß wir ihre Strahlen, selbst wenn wir uns an entgegengesetzten Punkten der Erdbahn befinden, als in parallelen Richtungen zu uns gelangend ansehen können.

Fig. Es sey S die Sonne, abcd die Erdbahn, ABCD die Marsbahn. Da die Erde in 12 Monaten, der Mars ungefähr in 23 Monaten die ganze Bahn durchläuft, so gelangen beide Körper, wenn sie sich einmal gleichzeitig in a und A befanden, am Ende des ersten Monats nach b und B, am Ende des zweiten Monats nach c und C, am Ende des vierten nach d und D, am Ende des sechsten nach e und E u. s. w. Als die Erde sich in a befand, stand Mars in A der Sonne gegenüber, und ein Fixstern, der in der Richtung aZ steht, mußte nahe bei dem Mars erscheinen. Da nun alle Planeten sich von A nach B rechtlinig fortbewegen, so nennen wir die scheinbare Bewegung des Mars eine *rechtläufige*, wenn er von dem Fixstern Z nach der linken Seite rückt, und eine *rückläufige*, wenn er nach der rechten Seite fortgeht. Aber während die Erde nach b, der Mars nach B gelangt, findet das Letztere statt, indem offenbar der Stern Z in der von b aus mit aZ parallel gezogenen Linie bZ erscheint, von welcher rechts entfernt der Mars seine Stellung hat. Mars ist also um die Zeit der Opposition rückläufig. Bei der Stellung der Erde in b ist der Mars nicht mehr der Sonne genau gegenüber, sondern ein in der Richtung bY stehender Stern culminirt um Mitternacht, der Mars nähert sich also zur Mitternachtszeit schon dem Untergange oder steht am westlichen Himmel, da die vorangehenden Zeichen, zu denen er fortgerückt ist, rechts oder westlich stehen. Am Ende des zweiten Monats ist die Erde in c, der Mars in C, und da die Linien bB, cC ziemlich nahe parallel sind, so hat die rückläufige Bewegung des Mars aufgehört, sie hat nur in dem ersten Theile

des Monats noch fortgedauert und ist dann, nachdem der Mars einige Tage als *stillestehend* (*stationarius*) erschienen war, in eine rechtläufige übergegangen. Am Ende des vierten Monats steht die Erde in  $d_1$ , der Mars in  $D$ ; in diesen zwei Monaten ist er rechtläufig so weit vorwärts gerückt, als es der Winkel, den die Linien  $oC, d_1D$  mit einander machen, angiebt; die Richtung nach der Sonne macht mit der Richtung nach dem Mars ungefähr einen Winkel von  $90^\circ$  und der Mars steht also ungefähr schon bei Sonnen-Untergang im Meridiane oder geht um Mitternacht unter. Um nun die weitere scheinbare Bewegung des Mars zu verfolgen, hat man nur nöthig, die Linien  $eE, fF, gG$  zu ziehen, die jede einem zwei Monate später eintretenden Zeitpunkt entsprechen. Hierdurch zeigt sich, daß am Ende des zehnten Monats, wo die Erde in  $g$  ist, der Mars noch nicht einen halben scheinbaren Umlauf um den Himmel beendigt hat; denn der Stern  $Z$ , der in der Richtung  $gZ'$  erscheint, steht ihm noch nicht gegenüber; aber der Sonne ist, er scheinbar sehr nahe, indem er nur um den Winkel  $GgS$  von ihr entfernt steht; er erscheint noch immer am Abendhimmel, weil der gegen Sonne und Mars gekehrte Beobachter die Sonne rechts vom Mars, also westlich vom Mars sieht, so daß die Sonne schon untergeht, während der Mars noch am Abendhimmel sichtbar ist. Um diese Zeit beträgt die Entfernung  $gG$  von der Erde bis zum Mars mehr als den viermaligen Abstand zur Zeit der Opposition, und der Mars erscheint daher sehr klein in Vergleichung gegen die GröÙe, die er zur Zeit der Opposition hatte. Am Ende des zwölften Monats zeigt die Linie  $hH$ , daß Mars jetzt etwas mehr als einen halben Umlauf um den Himmel beendigt hat; indem der Stern  $Z$  ihm beinahe noch gerade gegenübersteht; durch die Conjunction mit der Sonne ist er noch nicht gegangen, indem ein Beobachter in  $h$  die Sonne noch ein wenig rechts von  $H$  sieht. Am Ende des vierzehnten Monats dagegen erscheint Mars am Morgenhimmel, da der Beobachter in  $i$  die Sonne  $S$  links vom Mars  $I$  erblickt, also die Sonne aufgehend, während Mars schon am östlichen Himmel zu sehn ist. Die Fortsetzung dieser Betrachtung zeigt, daß der Mars wieder rückläufig wird kurz vor der Opposition und daß sich dann die Folge der Erscheinungen ebenso wiederholt.

Die Erscheinungen der rechtläufigen und rückläufigen Bewegung der übrigen obern Planeten erklärt sich ebenso, und

wenn man eine richtige Darstellung ihrer Bahnen entwirft, so läßt sich sowohl die Zeit, wie lange jeder rückläufig ist, als auch die Größe des Bogens, den er scheinbar rückgängig durchläuft, angegeben; weil aber alle Bahnen elliptisch sind und vorzüglich die des Mars sich erheblich vom Kreise entfernt, so hängen diese Erscheinungen beim Mars am meisten mit dem ab, ob er zur Zeit der Sonnennähe oder der Sonnenferne sich in Opposition mit der Sonne befindet.

Die scheinbare Bewegung der untern Planeten ergibt sich aus einer ganz ähnlichen Betrachtung. Die Venus ist ungefähr  $\frac{1}{2}$  mal so weit als die Erde von der Sonne entfernt und durchläuft ihre Bahn in  $7\frac{1}{2}$  Monaten. Theilt man daher die Erdbahn in 8 Theile, die Venusbahn in 5 Theile, so sind dieses ungefähr Theile, die gleichzeitig in  $1\frac{1}{2}$  Monaten durchlaufen werden. Es sey  $abcd$  die Erdbahn,  $ABCD$  die Venusbahn, so stellen  $ab$ ,  $AB$  wieder Bogen vor, die gleichzeitig durchlaufen werden,  $ab$ ,  $bc$  und  $AB$ ,  $BC$ , in  $\frac{1}{2}$  Monat;  $cd$ ,  $de$  und  $CD$ ,  $DE$  in  $1\frac{1}{2}$  Monaten. War nun die Venus in  $A$ , als sich die Erde in  $a$  befand, so war jene dort in der untern Conjunction mit der Sonne. Nach dem Zeitraume von  $\frac{1}{2}$  Monat ist die Venus nach  $B$ , die Erde nach  $b$  gekommen und in Beziehung auf Fixsterne, die in der Richtung  $AS$  stehn, ist die Venus rückläufig fortgegangen, indem sie, wenn der Beobachter in  $b$  gegen jenen Fixstern, der in der Richtung  $bs$  steht, gekehrt ist, ihm rechts von diesem Sterne erscheint. Zugleich ist sie Morgenstern geworden; denn wenn der Beobachter nach  $S$  sieht, so erscheint ihm die Sonne links von der Venus, also diese schon am Morgenhimmel, wenn die Sonne aufgeht. Sind  $1\frac{1}{2}$  Monate nach der Conjunction verflossen, so ist die Venus schon wieder rechtläufig; denn der Stern, bei welchem die Venus stand, als die Erde in  $b$  war, wird von  $c$  aus in einer mit  $bB$  parallelen Richtung gesehen, und die Venus erscheint nun in der Richtung  $cC$  links, also östlich von diesem Sterne. Unterdeß ist auch der Winkel  $ScC$ , den die nach der Sonne und nach der Venus gezogenen Linien mit einander machen, größer geworden, das heißt, die Venus hat sich scheinbar von der Sonne entfernt. Sie erlangt ihre größte Elongation von der Sonne, wenn die von der Erde zur Venus gezogene Linie eine Tangente der Venusbahn ist, und die Zeichnung läßt wahrnehmen, daß dieses ungefähr  $2\frac{1}{2}$  Monate nach der Conjunction statt finden wird, etwas früher als die Erde nach

d, die Venus nach D-gelangt. Am Ende des sechsten Monats steht die Venus in F, die Erde in f, und der Abstand der Venus von der Sonne ist schon kleiner geworden, gleich dem Winkel Sff, immer aber ist die Venus noch Morgenstern. Nach neun Monaten sind h, H die Standpunkte beider Weltkörper, so daß nun die Venus ziemlich nahe zu ihrer obern Conjunction gelangt ist oder sich jenseit der Sonne befindet, worauf dann ihre Erscheinung am Abendhimmel als Abendstern folgt.

Diese Nachweisungen, die sich bei genauer Beobachtung noch vollkommen bestätigt, sind gewiß ausreichend, um zu zeigen, daß die Erde sich wie die Planeten um die Sonne bewegt und daß jene also selbst unter die Planeten zu rechnen ist. Auch in der Natur dieser Körper scheint sofern eine Uebereinstimmung mit der Erde zu seyn, als auch der Mars wohl gewiß und vermuthlich auch die übrigen Planeten mit einer Atmosphäre umgeben sind, als man Grund hat, Berge auf der Venus anzunehmen u. s. w.

Daß man indess die Uebereinstimmung zwischen der natürlichen Beschaffenheit der Planeten nicht als vollkommen ansehen dürfe, versteht sich wohl von selbst, da ihre ungleiche Erleuchtung und die davon abhängenden übrigen Einwirkungen der Sonne gewiß mannichfaltige Verschiedenheiten hervorbringen und auch voraussetzen. Da über diese Uebereinstimmung und Verschiedenheit bei jedem einzelnen Planeten das Wichtigste erwähnt ist, so führe ich hier nur eine Verschiedenheit an, deren nähere Bestimmung für die Bewohner der Erde nicht unmöglich ist, nämlich die ungleiche Fähigkeit der Planeten das Licht zurück zu werfen. Wenn wir den gesammten Glanz, mit welchem ein bestimmter Planet, dessen Größe und dessen Entfernung von uns und von der Sonne wir kennen, sich unserm Auge darstellen muß, berechnen wollen, so kann dieses nur dadurch geschehn, daß wir seine *Weisse*, die verhältnißmäßige Lichtmenge, die er von dem empfangenen Lichte zurückwirft, als bekannt voraussetzen. Suchen wir alsdann den beobachteten Glanz mit dem so berechneten zu vergleichen; so ergibt sich, ob jene vorausgesetzte Weisse richtig angenommen war. Die Vergleichung findet dadurch statt, daß man entweder zwei Planeten, zum Beispiel Jupiter und Venus, oder Saturn und Mars, in Zeitpunkten, wo sie dem Auge gleich erscheinen, beobachtet, oder daß man ihr Licht mit Fixsternen vergleicht; und diese Vergleichen scheit-

nen allerdings zu ergeben, daß man den obem Planeten ein größeres Vermögen das Licht zurückzuwerfen, eine größern Weisße beilegen muß<sup>1</sup>.

Ueber die Frage, warum alle Planeten sich nach einerlei Richtung um die Sonne bewegen und in Bahnen, deren Ebenen nicht so gar sehr gegen einander geneigt sind, hat man mancherlei Vermuthungen aufgestellt. Daß diese Uebereinstimmung einen bestimmten Grund haben muß, ist offenbar, da nicht bloß 11 Hauptplaneten und 12 Nebenplaneten (wenn ich auch die des Uranns nicht mit rechne, weil ihre Bahnen beinahe senkrecht gegen jene Ebenen sind) eben die Richtung befolgen, sondern auch die Rotationen der Sonne und der Planeten, so weit wir die letztern kennen, nach der Ordnung der Zeichen gehn. Man hat daher Grund anzunehmen, daß in der frühesten Bildung unsers Sonnensystems die Ursache dieser Uebereinstimmung zu suchen sey. Da wir so wenig von den Umständen wissen, die damals statt gefunden haben, so kann eine Hypothese, die zur Erklärung dienen soll, nur auf einige Wahrscheinlichkeit Anspruch machen, und dieses ist wenigstens in einigem Grade bei der von LAPLACE aufgestellten Hypothese der Fall. BUFFON hatte angenommen, daß ein Komet Theile der Sonne abgerissen und so, indem diese sich in verschiedenen Kugeln vereinigten, die Veranlassung zur Entstehung der Planeten gegeben habe. Diese Hypothese erklärt allerdings, warum die Ebenen der Planetenbahnen ziemlich nahe zusammenfallen und warum alle sich nach einerlei Richtung um die Sonne bewegen; aber die geringe Excentricität ihrer Bahnen ist nicht mit BUFFON's Meinung vereinbar. LAPLACE dagegen glaubt, die Materie der Sonne und der Planeten sey früher in einem großen Raum, der alle uns bekannte Planetenbahnen umfalste, gleich einer Atmosphäre ausgebreitet gewesen; an der Grenze dieser Atmosphäre habe sich ein Planet, vielleicht indem die Abkühlung die materiellen Theilchen hier einander näher brachte, gebildet und jene Atmosphäre habe nun eine engere Begrenzung erhalten, an deren Umfange ein zweiter und ebenso ein dritter Planet u. s. w. entstand. Waren so aus einer mit der Sonne oder um sie rotirenden Atmosphäre Planetenkugeln condensirt, so mußten diese alle eine Bewegung

1 8. Art. *Erleuchtung*. Bd. III. S. 1162. u. BRANDES Vorles. üb. d. Astronomie Th. II. S. 85.

nach gleicher Richtung annehmen und sich in Bahnen, die wenig excentrisch waren und wenig gegen einander geneigt, um die Sonne bewegen. Auch die Rotation der Planeten nach eben der Richtung, glaubt LAPLACE, folge hieraus, und wenn man dieses annimmt und zugleich als wahrscheinlich voraussetzt, daß die Planeten bei ihrer allmäligen Condensirung ebenso Monde, entfernt von ihrer Oberfläche, zurückließen, wie es so eben von der Sonne hinsichtlich der Planeten angenommen wurde, so mußten auch diese eine rechtläufige Bewegung erhalten. Die Kometen, die etwa während jenes Zustandes der weit ausgedehnten Sonnen-Atmosphäre in diese eintraten, mußten durch erlittenen Widerstand ihre Bewegung verlieren und sich mit der Sonne vereinigen; es blieben also nur diejenigen Kometen übrig, welche sich außerhalb jenes atmosphärischen Flüssigen befanden, und da unter diesen nur diejenigen uns sichtbar werden, welche sich in irgend einem Theile ihrer Bahn der Sonne sehr nähern, so kennen wir nur Kometen, deren Bahnen sehr excentrisch sind. Von den Kometen, die jetzt sehr kurze Umlaufsperioden haben und sich nicht so sehr weit entfernen, müßte man nun wohl annehmen, daß sie erst durch spätere Störungen in dieser engen Bahn ihre Umläufe zu vollenden angefangen hätten, während jener Zeit aber auch gar nicht bis in die Grenzen jener rotirenden Materie hereingekommen wären<sup>1</sup>.

Da wir so durchaus nichts von der Ausbildung eines Sonnen- und Planetensystems wissen und nur durch die Beobachtung der Nebelflecke zu der entfernten Vermuthung geleitet werden, daß eine allmälige Condensirung einer sehr fein vertheilten Materie im Weltraume statt finden möge, so ist es sehr unsicher, welchen Grad der Wahrscheinlichkeit man dieser Hypothese beilegen darf, und die Bewohner der Erde werden vielleicht nie über das, was sich vor einer unabsehbaren Reihe von Jahrhunderten mag zugetragen haben, mit einigem Grade von Sicherheit urtheilen können. Dagegen haben wir allen Grund anzunehmen, daß der jetzige Zustand des Planetensystems für eine unermessliche Dauer im Wesentlichen ungeändert bleiben wird und daß die Perturbationen in diesem Zustande keine wesentliche Aenderungen hervorzubringen vermögen<sup>2</sup>.

B.

<sup>1</sup> LAPLACE *exposit. du syst. du monde.* p. 889. S. auch den Art. *Geologie.* Bd. IV. S. 1243.

<sup>2</sup> S. Art. *Perturbationen.*

## P l a t i n.

*Platinum; Platine; Platinum.* Die in Flüssen Südamerica's gefundenen Metallkörner, die von dem spanischen Worte Plata (Silber) den Namen Platina erhielten, kamen zuerst 1741 nach Europa, wo man bald erkannte, daß der Hauptbestandtheil dieser rohen Platina oder des Platinerzes ein eigenthümliches Metall, das Platin, sey, neben welchem darin später außer mehreren bereits bekannten Metallen durch WOLLASTON das Palladium und Rhodium und durch SMITHSON TENNANT das Iridium und Osmium entdeckt wurden. Die Darstellung des reinen Platins besteht im Allgemeinen darin, daß man das Platinerz in Salpetersalzsäure löst, die Lösung durch Salmiak fällt und den ausgewaschenen Niederschlag, der eine Verbindung von Salmiak und Chlorplatin ist, der Glühhitze aussetzt. Hierbei bleibt das Platin in einem lockern, grauen Zustande als *schwammiges Platin* oder *Platinschwamm*; um es dicht vereinigt zu erhalten, kann man es im Kleinen durch die mit Sauerstoffgas angefachte Flamme des Weingeistes, Aethers oder Wasserstoffgases schmelzen. Zur Vereinigung größerer Massen bedient man sich jetzt des Verfahrens von WOLLASTON, nach welchem das schwammige Platin zart gerieben, in einem Cylinder gepreßt und einer anhaltenden Glühhitze ausgesetzt wird, wobei es hinreichend zusammenschweißt, um dann durch Schmieden völlig verdichtet werden zu können. Früher schmelzte man das Platin mit Arsenik zusammen, entfernte letzteres durch Glühen an der Luft und vereinigte das in porösem Zustande zurückbleibende Platin durch Schmieden.

Das zu einer dichten Masse vereinigte Platin ist nicht ganz so weiß wie Silber, härter als Kupfer und weicher als Eisen, läßt sich in sehr dünnen Draht ausziehen, zeigt ein specifisches Gewicht von 21,53 und schmilzt nicht im heftigsten Essenfeuer, wohl aber in einer durch Sauerstoffgas angefachten Flamme des Weingeistes, Aethers und Wasserstoffgases und im Kreise einer starken Volta'schen Säule. Das oben erwähnte schwammige Platin ist grau und glanzlos, weich und zerrüchlich, jedoch auch schon von dem specifischen Gewichte 21,47. Fällt man gewisse Platinsalze durch Erhitzung mit Weingeist und andern organischen Stoffen, so erhält man das Platin in einem noch feiner vertheilten Zustande als *Platinschwarz* oder *Platinmohr*, in wel-



chem es ein zartes schwarzes Pulver darstellt, welches das dem Platin zukommende Vermögen, die Verbindung brennbarer Stoffe mit Sauerstoff bei niedriger Temperatur einzuleiten, im höchsten Grade besitzt.

Das Platin bildet mit Sauerstoff ein Oxydul und ein Oxyd.

Das *Platinoxydul* (98,7 Platin auf 8 Sauerstoff) entsteht bei der Verbrennung des Platins, welche bei dessen Schmelzung statt hat und mit Funkensprühen verbunden ist; das Oxydul ist schmutzigrün oder grau, bildet ein schwarzes Hydrat und dunkelbraune Salze.

Das *Platinoxyd* (98,7 Platin auf 16 Sauerstoff) ist schwarz, wird in der Glühhitze unter Sauerstoffgasentwicklung zu Metall reducirt und bildet mit Wasser ein rothfarbenes Hydrat und mit Säure braune Salze, welche durch Phosphor und die meisten Metalle regulinisch, durch Hydrothionsäure braun und durch Salmiak und salzsaures Kali gelb gefällt werden.

Das Platin löst sich langsam in Salpetersalzsäure zu der gewöhnlichen Platinlösung oder zu salzsaurem Platinoxyd. Diese dunkelbraune Lösung läßt nach völligem Abdampfen das *Doppel-Chlorplatin* (98,7 Platin auf 72 Chlor) als eine rothbraune Masse zurück. Dieses geht bei längerem Erhitzen in grüngraues, nicht in Wasser lösliches, *Einfach-Chlorplatin* (98,7 Platin auf 36 Chlor) und bei stärkerem Erhitzen in metallisches Platin über. Das doppelte Chlorplatin ist mit Salmiak und einigen Chlormetallen verbindbar; die Verbindung mit ersterem und mit Chlorkalium ist schwer in Wasser löslich und fällt daher beim Versetzen des salzsauren Platinoxyds mit salzsaurem Ammoniak oder Kali größtentheils nieder, als ein gelbes Pulver, wenig in heißem Wasser löslich und daraus in Oktaedern anschießend. Auch mit Brom, Selen, Schwefel und Phosphor ist das Platin verbindbar, so wie mit vielen Metallen, zu strengflüssigen Legirungen.

G.

## Pneumatik.

Aërodynamik, Aërometrie; *Pneumatica*; *Pneumatique*; *Pneumatics*.

Unter Pneumatik (von *πνέμα*, Luft, Gas) verstehen die Schriftsteller die Lehre von der Bewegung elastisch- oder expansibel-flüssiger Körper, und es werden diesemnach die sämt-

lichen mechanischen Gesetze der letzteren eben so unter diesen Ausdrücke begriffen, als die der tropfbar flüssigen, nicht merklich zusammendrückbaren, unter dem Namen *Hydrodynamik*. Bei den Franzosen ist diese Bezeichnung wenig gebräuchlich, bei den Engländern desto mehr, die sogar nicht selten<sup>1</sup> die ganze Aërostatik mit darunter begreifen. Unter den Deutschen ist insbesondere KARSTEN<sup>2</sup> die Lehre von der Bewegung elastisch-flüssiger Körper unter diesem Titel abgehandelt, so daß die gesammten statischen und mechanischen Gesetze der letzteren unter die zwei Abschnitte: *Aërostatik* und *Pneumatik* fallen, welche Eintheilung auch in diesem Werke angenommen ist, statt daß andere Schriftsteller das Ganze unter *Aërometrie* zusammenfassen. Man könnte nach der Analogie der für tropfbare Flüssigkeiten angenommenen Abtheilungen von *Hydrostatik*, *Hydraulik* und *Hydrodynamik* auch noch eine dritte, nämlich *Aërodynamik*, hinzufügen, allein die beiden genannten reichen, hauptsächlich wegen der Vieldeutigkeit des Ausdrucks *Pneumatik*, vollkommen hin. Aus der Aehnlichkeit dieser für die Flüssigkeiten überhaupt gewählten Bezeichnungen, denen selbst noch das nicht gebräuchliche *Aërotechnik* hinzugefügt werden könnte<sup>3</sup>, und der bereits feststehenden Bestimmung der für das Verhalten der tropfbaren Flüssigkeiten angenommenen Kunstausdrücke ergibt sich dann von selbst, was unter Pneumatik zu verstehen sey, nämlich die *Lehre von der Bewegung der elastischen oder expansibeln Flüssigkeiten*. Das Wichtigste hierunter gehörige läßt sich füglich in drei Abtheilungen zusammenfassen, nämlich zuerst über die Bewegung dieser Körper im Allgemeinen, zweitens über das Fortfließen derselben durch Öffnungen und Röhren, und drittens über die Kraft, womit dieselben gegen andere Körper stoßen. Hierbei bleibt jedoch die Wellenbewegung derselben, vermöge deren der Schall in ihnen erzeugt und fortgepflanzt wird, als Gegenstand einer besondern Untersuchung ganz unberücksichtigt.

1 Z. B. PLAYFAIR in seinen *Elements of Nat. Phil.*, BARLOW in der *Encyclopaedia metropolitana* u. a.

2 Lehrbegriff der gesammten Math. Greifsw. 1771. 8. Th. VI

3 Die Aufnahme dieses Ausdrucks, welcher dem bereits gegebenen *Hydrotechnik* correspondiren würde, ist auf jeden Fall nicht rathsam, denn er ist übel gebildet und zugleich überflüssig.

## A. Bewegung gasförmiger Körper im Allgemeinen.

Es ist außerordentlich schwer, die Gesetze der Bewegung elastisch-flüssiger Körper mit der erforderlichen Schärfe aufzufinden, weil sich die hierbei zu berücksichtigenden Bedingungen der Elasticität und Dichtigkeit fortdauernd ändern und die Räume, in welche sich die Ströme derselben ergießen, in der Regel durch allmälige Anfüllung, den herbeifließenden Massen keine freie Aufnahme gestatten, die mannigfaltigen Hindernisse nicht zu erwähnen, welche aus der Adhäsion an benachbarte Körper oder Schichten von Gasarten, vielleicht auch durch die eigene wellenartige Bewegung im Innern dieser Ströme hervorgehn. Bisher hat daher die Analyse noch nicht vermocht, allen Bedingungen genügende Formeln für die Bewegungsgesetze der Gasarten aufzufinden, und muß daher manche Probleme ganz ungelöst lassen oder sich mit genäherten Werthen begnügen. Inzwischen lassen sich auf folgende einfache Weise die wichtigsten Aufgaben so lösen, daß dadurch die Theorie mit der Erfahrung in hinlänglich genaue Uebereinstimmung gebracht wird.

1) Wenn man eine verticale Säule irgend einer Flüssigkeit annimmt und sie ihrer Unterstützung beraubt, so daß sie hier nach herabfallen müßte, so wird jede einzelne, willkürlich hoch angenommene Schicht derselben nicht bloß für sich herabzufallen streben, sondern gleichzeitig auch von jeder höhern gedrückt werden, und die Hydrodynamik<sup>1</sup> lehrt daher, daß bei stets gleichbleibender Länge der Säule diejenige Geschwindigkeit erzeugt werden müsse, welche ein von der Höhe derselben herabfallender Körper erlangen würde. Es ist aber die mittlere Geschwindigkeit eines freifallenden Körpers, wenn die Fallzeit nach Sexagesimalsecunden gemessen wird, dem Producte der Zeitdauer in den doppelten Fallraum während einer solchen Secunde gleich, oder  $c = 2gt$ , wenn  $c$  diese Geschwindigkeit,  $t$  die Zeit in Secunden und  $g$  den Fallraum während der ersten Secunde bezeichnet. Weil aber bei einer gleichmäßig beschleunigten Geschwindigkeit die durchlaufenen Räume den Quadraten der Zeiten proportional sind oder, wenn dieser Raum  $s$  genannt wird,  $s = t^2 g$  ist, so wird durch Substitution dieses Werthes<sup>2</sup>

$$c = 2\sqrt{gs}.$$

1 Vergl. *Hydrodynamik* Bd. V. S. 538.

2 Vergl. *Fall* Bd. IV. S. 6.

Hieraus folgt zunächst die Beantwortung der Frage, mit welcher Geschwindigkeit die Luft in den leeren Raum einströmt. Zu diesem Ende müßte die Höhe der atmosphärischen Luft bekannt seyn, um hieraus die Länge der herabfließenden Säule zu wissen; allein es ist zugleich zu berücksichtigen, daß der hierbei aus der Hydrodynamik entlehnte Hauptsatz eine Flüssigkeitssäule von überall gleichmäßiger Dichtigkeit voraussetzt, die in Anwendung kommende Luftsäule aber vermöge ihrer Elasticität zunehmend dünner wird. Es kann jedoch eine solche wirkliche Luftsäule leicht auf eine eingebildete von überall gleichmäßiger Dichtigkeit reducirt werden, wenn man berücksichtigt, daß die erstere einer Quecksilbersäule von gegebener Länge das Gleichgewicht hält<sup>1</sup>. Nehmen wir also die mittlere Höhe der Quecksilbersäule im Barometer in genähertem Werthe zu 28 par. Zollen oder  $2\frac{1}{4}$  par. Fuß an und das spec. Gewicht jenes Metalles<sup>2</sup> gegen Luft = 10466, so würde hiernach die Höhe der Luftsäule  $10466 \times 2\frac{1}{4}$  oder nahe 24420 Fuß betragen. Diese GröÙe wäre demnach der numerische Werth von  $s$ , und da man g. genau genug zu 15 par. Fuß annehmen kann, so giebt die Substitution dieser Werthe in die angegebene Formel die Geschwindigkeit der in den leeren Raum einströmenden Luft = 1210 par. Fuß in einer Secunde.

2) Schon DIONYSIUS PARINUS<sup>3</sup> hat eine dieser ähnliche Bestimmung aufgefunden, wobei er jedoch von etwas abweichenden Bedingungen ausging, indem er annahm, daß die Ausflusgeschwindigkeiten der Flüssigkeiten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten verhielten. Hiernach soll der atmosphärische Luftdruck einer Wassersäule von 33 Fuß das Gleichgewicht halten und also eine Fallgeschwindigkeit von 45 Fuß in einer Secunde erreichen, vermöge deren eine Wassersäule bis zu der angegebenen Höhe von 32 F. steigen würde. Ferner setzte er das spec. Gewicht des Wassers gegen Luft = 840 zu 1, und da hieraus die Quadratwurzeln = 29:1 sind, so wäre die Fallgeschwindigkeit oder die Geschwindigkeit des Einstromens der Luft in den leeren Raum =  $45 \times 29 = 1305$  Fuß in einer Secunde, alles nach englischem Maße genommen. Dieser

<sup>1</sup> Vergl. *Atmosphäre* Bd. I. S. 443.

<sup>2</sup> Vergl. *Gewicht, spec.* Bd. IV. S. 1681.

<sup>3</sup> Phil. Trans. 1686. N. 184. T. XVI. p. 193.

Werth weicht zwar von dem oben gefundenen so merklich ab, daß man hieraus auf eine Verschiedenheit der beiden zum Grunde liegenden Bedingungen schließen könnte; allein dieses ist keineswegs der Fall, vielmehr sind die letzteren einander gleich, und die Abweichung ist bloß Folge verschiedener Größenbestimmungen. Es verhalten sich nämlich die Höhen der Säulen verschiedener Flüssigkeiten umgekehrt wie die spec. Gewichte, und da die Fallgeschwindigkeiten den Quadratwurzeln der Höhen proportional sind, so kann man statt der letzteren mit PARINUS auch die spec. Gewichte annehmen. Wird daher die Barometerhöhe = 28 Zolle beibehalten und das spec. Gewicht des Quecksilbers 1 gegen Wasser = 13,5972 gesetzt, so beträgt die Höhe des Wasserbarometers nur 31;7268 par. Fuß, welchem eine Fallgeschwindigkeit von 43,63 par. Fuß zukommt. Um nun die Uebereinstimmung vollständig zu erhalten, muß das spec. Gewicht der Luft gegen Wasser =  $1 : \frac{10466}{13,5972} = 1 : 769,78$  genommen werden, woraus die Quadratwurzel = 27,745 beträgt. Es ist aber  $27,745 \times 43,63 = 1210$ , genau wie oben. Wäre der mittlere Barometerstand = 338 Lin. statt 336 angenommen, so würde die gefundene Größe = 1217 Fuß betragen, und 1218 Fuß, wenn man das spec. Gewicht des Wassers im Punkte seiner größten Dichtigkeit gegen Luft bei 30,42 C. = 779,37 annimmt<sup>2</sup>. Da die Luft niemals als vollkommen trocken anzunehmen ist und durch ihren Dampfgehalt specifisch leichter wird, so möchte es am besten seyn, diese mehrfach in Anwendung kommende Fallgeschwindigkeit  $\gamma$  auf 1215 par. Fuß in einer Sexagesimalsecunde festzusetzen.

3) Es giebt nur wenige Fälle, in denen man annehmen darf, daß Luft in ein absolutes Vacuum frei (ohne durch eine enge Oeffnung zu dringen) einströmt, desto häufiger aber sind diejenigen Erscheinungen, bei denen die anzufüllenden Räume mehr oder minder verdünnte Gasarten enthalten, zuweilen von so geringer Dichtigkeit, daß der von ihnen verursachte Widerstand füglich ganz vernachlässigt werden kann. Wenn man aber berücksichtigt, daß auch die flüssigen Körper, so lange sie sich

1 Vergl. *Gewichte, spec.* Bd. IV, S. 1530.

2 Vergl. ebendas. S. 1510. Die daselbst für den Punkt der größten Dichtigkeit angenommene Temperatur weicht nur unmerklich von der aus meinen Versuchen abgeleiteten, nämlich 30,78... C., ab.

im widerstandleeren Raume bewegen, gegen jedes ihnen entgegenstehende Hinderniß als hart anstoßen müssen, wie sich dieses deutlich beim Anschlagen des Quecksilbers an die obere Wandung der torricelli'schen Röhre und beim Wasserhammer zeigt, so erklärt sich hieraus leicht der heftige Schall, das eigentliche Platzen, welches die in fast leere Räume einströmende Luft hervorbringt. Beispiele dieser Art geben verschlossene Büchsen, namentlich Pennale, deren Deckel man so schnell öffnet, daß die darin enthaltene Luft bedeutend ausgedehnt wird, das Zerplatzen der *Knallbomben* (großer hohler Glaskugeln, die im glühenden Zustande zugeblasen werden), wenn man sie auf einem Steine zerschellt, am auffallendsten aber alle Detonationen, namentlich die mit Knallgas gefüllten Seifenblasen oder Thierblasen, und auch die *elektrischen Pistolen* oder Kanonen. Bei den letzteren wird das eingeschlossene Gas (2 Th. Wasserstoffgas und 1 Th. Sauerstoffgas dem Volumen nach), welches an sich schon specifisch leichter und also auch dünner ist, als atmosphärische Luft, durch die bei seiner Entzündung stattfindende Glühhitze gleichzeitig in ein sehr Vielfaches seines ursprünglichen Volumens ausgedehnt und auch in Wasserdampf verwandelt, welcher nach dem Verluste der Expansionswärme in Wasser übergeht, dessen Volumen kaum den achthundertsten Theil des ursprünglichen der Gasmischung beträgt. Aus der Uebersicht dieser Größen und der angegebenen Geschwindigkeit der einströmenden Luft erklärt sich dann leicht der heftige, dem Ohre empfindliche Knall, welchen die explodirenden Gasmischungen erzeugen. Unter die ähnlichen Phänomene gehört der Knall der abgebrannten Geschütze und im Kleinen das Klatschen der Peitschen, wie im Großen das Getöse des Dofners und der zerplatzenden Feuerkugeln.

4) Die aus der Berechnung gefundene Geschwindigkeit von 1215 par. Fuß in einer Secunde wird bedeutend größer, wenn die Luft durch Wärme ausgedehnt und also specifisch leichter ist, als bei 0° C. Hierbei kommt nicht sowohl die mittlere Temperatur der ganzen Luftsäule bis zur Grenze der Atmosphäre in Betrachtung, als vielmehr bloß diejenige, welche dem untern Theile derselben eigen ist, indem dieser unter dem angenommenen Drucke steht, auch die vorausgesetzte Elasticität besitzt, ohne daß die Beschaffenheit der obern Schichten hierbei einen unmittelbaren Einfluß äußert. Angenommen also, daß die Fluidität der Luft mit ihrer Ausdehnung durch Wärme gleich-

müßig wachen, so würde bei der möglichst hoch angenommenen Temperatur von  $36^{\circ}$  C. die Größe 1215 im Verhältniß von  $1 + 0,00375 \times 36$

zunehmen und also 1379 betragen. Aber auch bei dieser sehr großen Geschwindigkeit würde der oben<sup>1</sup> erwähnte Fall eintreten, daß nämlich hinter einer geschossenen Kanonenkugel ein vollkommenes Vacuum entstände, da deren Anfangsgeschwindigkeit mindestens auf 1500 Fufs gesetzt werden kann, folglich ihre Bewegung schneller ist als die der Luft, die in den erzeugten Raum wieder eindringt, wenn man den Einfluß der vor der Kugel zusammengepressten Luft außer Acht läßt, die zunächst seitwärts auszuweichen genöthigt wird.

5) Weit zahlreicher als die Erscheinungen des Einströmens der Luft in absolut leere Räume sind diejenigen, bei denen Luftmassen von größerer Dichtigkeit in Räume fließen, die mit Luft von geringerer Dichtigkeit erfüllt sind. In Beziehung auf diese folgt aus den bisher angestellten Betrachtungen, daß die Geschwindigkeiten des Fließens den Quadratwurzeln aus den Dichtigkeiten proportional seyn müssen; indem man aber statt der letztern nach dem Boyle'schen Gesetze auch die Barometerstände nehmen kann, so folgt, daß in diesen Fällen

$$c = 2 \sqrt{g s} \sqrt{\frac{B-b}{B}} = \gamma \sqrt{\frac{B-b}{B}} = \gamma \sqrt{1 - \frac{b}{B}}$$

seyn muß, wenn B und b die ungleichen Barometerstände bezeichnen und  $\gamma$  in der oben angegebenen Bedeutung genommen wird. Substituirt man in dieser Formel für B und b die Werthe 28 und 27 Zolle, so folgt hieraus, daß der Unterschied von 1 Zolle im Barometerstande eine Geschwindigkeit des Windes von 200,61 Fufs erzeugen müßte, die vielleicht nie in der Wirklichkeit und auf jeden Fall nicht unter den angenommenen Bedingungen gefunden wird<sup>2</sup>. Die Ursache dieses Mangels an Ueber-

1 S. Ballistik Bd. I. S. 728.

2 J. E. C. Schumacher in seinem gehaltreichen Lehrbuche der math. und phys. Geographie Th. II. S. 840 meint, eine solche Geschwindigkeit der Luftströmung finde bloß dann statt, wenn die Luft aus einer Höhle durch eine enge Oeffnung dringe, und findet dann durch Integralrechnung für den gewöhnlichen Wind  $c = 1215 \sqrt{\frac{B-b}{B}}$ , welches für die angenommenen Werthe nur 43,39 ... Fufs geben würde, allein mir scheinen beide Sätze unsulässig zu seyn.

einstimmung ist nicht schwierig aufzufinden: Sollte nämlich die aus der Formel hervorgehende Geschwindigkeit der Luftströmung wirklich erfolgen, so müßten die unter ungleichem Drucke befindlichen Luftsäulen unmittelbar neben einander stehn und selbst nach Ueberwindung der Trägheit diese ihre verschiedene Dichtigkeit unverändert beibehalten, was in der Wirklichkeit nicht stattfinden kann. Dagegen finden wir den über einen bedeutenden Flächenraum verbreiteten Barometerstand erst in grösserer Entfernung, und auch dann nur sehr allmählig, höher oder niedriger werdend, die Luft sinkt also nur zunehmend mehr und mehr herab, und hat ausserdem so manche Hindernisse ihrer Bewegung zu überwinden, daß die aus der Erfahrung entnommene Geschwindigkeit hinter der aus den angegebenen Voraussetzungen berechneten bedeutend zurückbleibt, wie unter andern namentlich aus der durch herabfallende Schneelawinen erzeugten Luftströmung augenscheinlich folgt<sup>1</sup>. Allerdings findet nicht selten vor heftigen Gewitterstürmen ein nicht sehr weit verbreitetes plötzliches Sinken des Quecksilbers im Barometer statt, allein die Verbreitung erstreckt sich doch allezeit mit allmählicher Abnahme auf grössere Entfernungen, als daß die angegebene Formel dabei streng in Anwendung kommen könnte.

6) Die meisten Strömungen in der Atmosphäre entstehen ohne Widerrede durch eine Veränderung der Elasticität und des Druckes solcher Luftsäulen, die man sich ohne bedeutenden Fehler als nahe vertical und einander parallel vorstellen kann, auch darf man mit Grunde behaupten, daß in dem grossen, die Erde umgebenden Luftmeere niemals völlige Ruhe herrscht, wie die unaufhörlichen Oscillationen sehr empfindlicher Barometer genugsam darthun. Hiermit ist aber keineswegs die Bedingung notwendig verbunden, daß die ungleich dichten Luftsäulen von der Oberfläche der Erde bis an die Grenze der Atmosphäre reichen, vielmehr ist dieses in der Regel nicht der Fall, wie ausser theoretischen Gründen unter andern namentlich aus der bekannten Erfahrung folgt, daß in verschiedenen Höhen ungleiche, nicht selten sogar einander entgegengesetzte, Luftströmungen stattfinden. Dagegen läßt sich leicht darthun, daß sich in der Atmosphäre ausser den bereits erwähnten horizontalen Schichten<sup>2</sup>

1 Vergl. Art. *Wind*.

2 S. Art. *Erde* Bd. III. S. 1095.



auch lotbrechte von ungleicher Dichtigkeit bilden können, die alsdann in Folge ihres größeren oder geringeren specifischen Gewichtes herabsinken oder aufsteigen müssen. Bei verschiedenen und also auch ungleich schweren Gasarten findet das bereits erwähnte <sup>1</sup> merkwürdige Gesetz statt, daß sie sogar den statischen Gesetzen zuwider sich vermengen, wodurch die Erzeugung einer Strömung gehindert wird; denn obgleich das schwerere kohlen-saure Gas aus einem allmählig geneigten Glase in ein anderes, mit einem brennenden Lichte auf dem Boden versehenes, herabfließt und das Licht auslöscht, und Wasserstoffgas sich über einem mit der Mündung aufwärts gerichteten Gefäße anzünden läßt, auch atmosphärische Luft neben dem aufsteigenden Wasserstoffgas in das dieses letztere enthaltende Gefäß einströmt und Knallgas bildet, so dauern doch alle diese Prozesse nur wenige Augenblicke und in nicht langer Zeit wird die Mischung vollständig bewirkt. Die einzige Ursache also, welche Luftströmungen durch ungleiche Dichtigkeit verticaler Luftschichten oder größerer Luftmassen bewirkt, ist die verschiedene Wärme, die übrigens nicht bloß viele, sondern wohl im eigentlichen Sinne unablässige Fluthungen herbeiführt. Sobald nämlich irgend eine der vielen hierbei wirksamen Ursachen die Temperatur einer begrenzten Luftmasse erhöht oder vermindert, so muß diese nach statischen Gesetzen aufsteigen oder herabsinken, weil das Gleichgewicht der Flüssigkeiten aufgehoben wird, sobald ihre Dichtigkeiten eine Aenderung erleiden, die wegen der starken Ausdehnung der Gasarten durch Wärme gerade bei expansibeln Flüssigkeiten nicht geringer seyn kann, sobald der Temperaturunterschied auch nur einige wenige Grade beträgt.

7) Inwiefern die Erzeugung der Winde auch aus dieser Ursache abzuleiten sey, wird in einem eignen, diesem Gegenstande gewidmeten Artikel näher untersucht werden, allein es ist zugleich an sich klar, daß das Aufsteigen des Rauches (welcher wegen seines Gehaltes an Kohlenstoff und andern Bestandtheilen ohne Temperaturerhöhung specifisch schwerer als atmosphärische Luft seyn würde), der Luft über brennenden, glühenden oder nur heißen Körpern, der erwärmten Luft in Zimmern und noch mehr in Heizkammern und andere diesen ähnliche Erscheinungen aus dieser Ursache abzuleiten sind. Auf diesem Grunde beruht

daher namentlich die Gesetze der Ventilation<sup>1</sup> und der Luftheizung<sup>2</sup>. In Beziehung auf diese letztere folgt aus den angestellten Betrachtungen von selbst, daß jede specifisch schwerere Luftsäule auf gleiche Weise, als eine aus tropfbarer Flüssigkeit bestehende, herabsinken und gleich der letzteren eine der Quadratwurzel aus ihrer Höhe proportionale Geschwindigkeit erlangen müsse, welche also, wie oben,

$$c = 2 \sqrt{gh}$$

seyn muß. Weil dieselbe aber nicht durch ihr ganzes Gewicht, sondern bloß durch den Ueberschuß desselben über das der umgebenden Luftsäulen, die ihr das Gleichgewicht halten, herabsinken kann, dieser Ueberschuß aber dem Unterschiede der Temperatur direct proportional ist, indem für die Gewichte beider  $= p'$  und  $p$  und die Temperaturen derselben nach der hunderttheiligen Skale  $t'$  und  $t$

$$p' : p = 1 + 0,00375 t : 1 + 0,00375 t',$$

so folgt, daß  $p' = p \frac{1 + 0,00375 t}{1 + 0,00375 t'}$  das Verhältniß ihrer beiderseitigen Gewichte giebt. Wenn man aber berücksichtigt, daß die Ausdehnung der Gasarten durch Wärme für alle Dichtigkeiten und Temperaturen derselben sich stets gleich bleibt, so läßt sich das Uebergewicht oder das relative Gewicht einer gegebenen Luftsäule leicht aus dem Unterschiede der Temperaturen finden, wonach also

$$c = 0,00375 (t - t') 2 \sqrt{gh}$$

wird, wenn  $h$  die Höhe der durch die Temperatur  $= t$  in Centesimalgraden ausgedehnten Luftsäule bezeichnet. Hierin bleibt  $c$  bejahend, wenn  $t'$  kleiner ist als  $t$ , und dann wird die Luftsäule herabsinken, wird dagegen verneinend, wenn der umgekehrte Fall statt findet, so daß also die schwerere oder leichtere Luftsäule mit gleicher Geschwindigkeit ihrer durch den Temperaturunterschied bedingten ungleichen Dichtigkeit proportional herabsinkt oder aufsteigt.

8) Es kann bei den Erscheinungen dieser Art keinen bedeutenden Einfluß haben, ob die in ihrem Gewichte durch Wärme veränderte Luftsäule von anderer atmosphärischer Luft umgeben oder in beliebige engere oder weitere Canäle eingeschlossen ist,

1 S. Art. Ventilator.

2 S. Art. Luftheizung Bd. V. S. 207.

und das Aufsteigen der durch die Sonnenstrahlen erwärmten Luftsäulen im Sommer, die Erhebung der leichteren Luftschichten in Zimmern von beliebigem Rauminhalte, das Ziehen des Camine und Schornsteins und alle diesen ähnliche Phänomene gehören also insgesamt unter eine und dieselbe Classe. Außerdem unterliegt es wohl keinem Zweifel, daß bei allen diesen Phänomenen die Geschwindigkeit nicht so groß seyn kann, als sie aus den theoretischen Betrachtungen folgt, indem nicht sowohl die Adhäsion der bewegten Luftsäulen an den Wänden der Canäle oder den sie umgebenden Lufttheilchen, als vielmehr die Trägheit der verdrängten und also gleichzeitig in Bewegung gesetzten Luftmassen bedeutende Hindernisse erzeugt. Es scheint mir, als müsse aus theoretischen Gründen die Hälfte der erzeugten Kraft auf die Ueberwindung dieses letzteren Hindernisses verwandt werden, denn die bewegte Luftmasse muß eine gleich große in Bewegung setzen, um den von ihr verlassenen Ort einzunehmen. Dehnt man diese Folgerung auf abermals andere Luftmassen aus und will man dabei zugleich auf die Trägheit der ruhenden und der bereits bewegten Massen Rücksicht nehmen, so führt die Untersuchung auf ein bis jetzt noch nicht gelöstes Problem. Aus der Erfahrung könnten zwar diejenigen Resultate indirect benutzt werden, welche man über den Widerstand expansibler Flüssigkeiten gegen bewegte Körper erhalten hat, allein dieses würde mit großen Schwierigkeiten verbunden seyn, directe Versuche hierüber sind mir aber keine bekannt, außer denen, die durch G. G. SENNERT angestellt worden sind<sup>1</sup>. Dieser erhitzte vermittelst einer Argand'schen Lampe die Luft in einer blechenen, von 17 bis zu 55 par. Fufs zu verlängernden Röhre, bestimmte die Temperatur in derselben, wenn sie längere Zeit sich gleichbleibend geworden war, vermittelst eines Thermometers, und maß dann die Geschwindigkeit der in ihr strömenden Luft mit einem in dieselbe eingesenkten Flugrädchen, dessen Umdrehungsmengen an einer Secundenuhr gemessen wurden, nachdem zuvor die Zahl seiner Umdrehungen bei einer Bewegung gegen die ruhende Luft mit einer gewissen Geschwindigkeit bestimmt war, indem sich fand, daß ein Umlauf desselben einer Geschwindigkeit von 8,4 par. Zolln zugehörte. Drei Versuche ergaben nachher den des Widerstandes wegen er-

<sup>1</sup> 8. Hand- und Lehrbüch der Naturlehre. Gießen 1836. 8. 215.

forderlichen beständigen Coefficienten mit unbedeutenden Abweichungen = 0,44; 0,42 und 0,43, also im Mittel = 0,43, so daß also die angegebene Formel vollständig

$$c = 0,43 \times 0,00375 (t - t') : 2 \sqrt{gh}$$

seyn muß. Wollte man die gefundene GröÙe um 0,07 vermehren und für  $t - t'$  lieber  $t''$  setzen, so wäre einfach

$$c = 0,00375 t'' \sqrt{gh},$$

und wenn man für  $g$  seinen Werth = 15 Fuß substituirt, erhält man die Geschwindigkeit der Strömungen in 1 Sexagesimalsecunde

$$c = 0,0145237 t'' \sqrt{h}$$

als bloÙe Function der Höhe und des Temperatur-Unterschiedes. Uebrigens gehn die hierzu gehörigen Erscheinungen zu denen der zweiten Classe über, bei denen die Gasarten in Röhren und aus verschiedenen Oeffnungen strömen.

## B. Bewegung gasförmiger Körper in Röhren und durch Oeffnungen.

1) Das Strömen der Luft und der Gasarten durch Röhren, desgleichen aus Oeffnungen von verschiedener Beschaffenheit, kommt namentlich bei den Gebläsen häufig in Betrachtung, und die Auffindung der hierbei statt findenden Gesetze hat daher eine große Menge theoretischer Untersuchungen und eine noch weit größere von Versuchen veranlaßt. Rücksichtlich der ersten ist an sich klar, daß die bereits angegebenen, für alle Flüssigkeiten gültigen Bestimmungen auch hierbei in Anwendung kommen müssen. Wenn man daher die Hindernisse der Bewegung nicht berücksichtigt, so wird auch für die hierzu gehörigen Fälle die oben aufgefundenene Formel

$$c = 2 \sqrt{gs \left( \frac{B-b}{B} \right)}$$

die Geschwindigkeit des Einstromens der unter stärkerem Drucke stehenden Gasarten in Räume, die mit weniger dichten erfüllt sind, angeben, wenn auch hier  $s$  die auf gleichmäßige Dichtigkeit reducirte Höhe der atmosphärischen Luft und  $B$ ,  $b$  die durch ungleichen Barometerstand ausgedrückten verschiedenen Dichtigkeiten bezeichnen. Es folgt hieraus unmittelbar, daß für den veränderlichen Werth von  $\frac{B-b}{B}$  oder  $1 - \frac{b}{B}$  die Geschwindigkeit in eben dem Verhältnisse kleiner werden muß, in

welchem der Werth von  $b$  sich dem von  $B$  nähert, indem dieselbe von der oben für das Einströmen in den leeren Raum gefundenen Einheit bis auf 0 abnimmt, wenn  $b$  von 0 bis  $B$  wächst. Es kommt dieses im ganzen Umfange dann in Anwendung, wenn die unter gewöhnlichem atmosphärischen Drucke stehende Luft in Gefässe durch eine kleine Oeffnung einströmt, dass diese allmähig damit angefüllt werden. In diesem Falle ist die Geschwindigkeit des Einströmens im Anfange

$$c = 2\sqrt{gs},$$

nach Verlauf der Zeit  $t$  aber, wenn die Dichtigkeit der einströmenden Luft durch  $B$ , die der im Gefässe bereits vorhandenen durch  $b$  bezeichnet wird,

$$c = 2\sqrt{gs\left(1 - \frac{b}{B}\right)}.$$

Soll also die Zeit bestimmt werden, in welcher ein Gefäss vom Inhalte  $= V$  durch eine Oeffnung von der Weite  $= m$  allmähig angefüllt wird, so sind die beiden letztern Grössen unveränderlich, dagegen wird  $c$  in eben dem Verhältnisse abnehmen, in welchem  $b$  wächst, und es ist also erforderlich, das Differential der Zeit zu bestimmen, in welchem ein Differential des gegebenen Raumes mit Luft von der Dichtigkeit der einströmenden angefüllt wird. Weil aber der Inhalt des Gefässes  $= V$  unveränderlich ist, die Dichtigkeit der darin enthaltenen Luft dagegen mit der Zeit stets wächst, so haben wir für das Letztere  $V db$  und für das Erstere

$$2\sqrt{gs\left(1 - \frac{b}{B}\right)} (B m dt) = m dt \times 2\sqrt{gsB(B-b)},$$

und da beide einander gleich seyn müssen,

$$m dt \times 2\sqrt{gsB(B-b)} = V db,$$

woraus dann

$$dt = \frac{V}{2m\sqrt{gsB}} \times \frac{db}{\sqrt{(B-b)}}$$

folgt. Die Integration giebt

$$t = -\frac{V}{m\sqrt{gsB}} \times [\sqrt{(B-b)} + C].$$

Zur Bestimmung der Constante darf man nur berücksichtigen, dass für  $t = 0$  auch  $b = 0$  und  $\sqrt{(B-b)} = \sqrt{B}$  wird, und so ist dann

$$t = \frac{V}{m\sqrt{gsB}} \times [\sqrt{B} - \sqrt{(B-b)}].$$

Für  $B = b$  hört die Bewegung auf, und dann ist

$$t = \frac{V \sqrt{B}}{m \sqrt{g_s B}} = \frac{V}{m \sqrt{g_s}}$$

Setzt man hierin für  $\sqrt{g_s}$  den oben (A. 2.) gefundenen Werth  $= \frac{1215}{2} = 607,5$  par. Fufs, so giebt diese Substitution

$$t = \frac{V}{607,5 m}$$

Es sey daher z. B. ein Gefäfs von 10 Kub. Fufs Inhalt gegeben, die Oeffnung des Einstromens betrage 1 Quadratzoll oder  $\frac{1}{144}$  eines Quadratfufses, die Dichtigkeit der einströmenden Luft als Einheit angenommen, so wäre die erforderliche Zeit

$t = \frac{10}{\frac{1}{144} \times 607,5} = \frac{1440}{607,5} = 2,37$  Secunden. Wollte man aber die Zeit finden, in welcher die in dem Gefäße befindliche Luft 0,75 der Dichtigkeit der einströmenden erreicht, so ist hiernach blofs der Werth von  $\sqrt{(B-b)}$  zu bestimmen. Dieser wird aber nach der Voraussetzung  $= \sqrt{1-0,75} = \sqrt{0,25} = 0,5$  und es wäre also die erforderliche Zeit  $= 1,185$  Secunden<sup>1</sup>.

2) Wenn die Luft aus einem Raume unter constantem gröfsen Drucke in einen andern mit Luft unter constantem geringen Drucke durch eine gegebene Oeffnung ausströmt, wie diess z. B. beim Blasen aus einem Windkasten in einen Ofen der Fall ist, so lassen sich die hierfür bestehenden Gesetze leicht auffinden. Wenn nämlich allgemein  $2\sqrt{g_s}$  wie oben  $= \gamma$  genommen oder hierfür der gefundene Werth  $= 1215$  par. Fufs in einer Secunde gesetzt wird, so ergiebt sich aus dem Vorigen einfach, dafs die Geschwindigkeit der Strömung

$$c = c \sqrt{\frac{B-b}{B}} = \gamma \sqrt{\frac{B-b}{B}} = 1215 \sqrt{\frac{B-b}{B}}$$

seyn mufs. Wäre daher z. B. der gewöhnliche Luftdruck nach

---

1 Bei diesen und den folgenden Bernoulli'schen Formeln ist auf das ungleiche specifische Gewicht der Gasarten keine Rücksicht genommen und sie können daher nur für atmosphärische Luft gelten. Auch der Einfluss der Temperatur ist unberücksichtigt geblieben und die gefundenen Gröfsen sind daher nur als genäherte zu betrachten. Für die wichtigern Anwendungen werden demnächst genauere mitgetheilt werden.

dem Barometerstande  $= b = 28$  Zolle und würde die Luft außerdem in dem gegebenen Raume noch durch 4 Zolle Quecksilber zusammengedrückt, so wäre ohne Rücksicht auf die Hindernisse der Bewegung

$$v = 1215 \sqrt{\left(\frac{32-28}{32}\right)} = 1215 \sqrt{\frac{1}{8}} = 429,56 \text{ par. Fuß}$$

in einer Secunde. Inzwischen ist eine solche Spannung, welche beiläufig ungefähr zwei Pfd. Druck gegen einen Quadratzoll, also 288 Pfd. gegen einen einzigen pariser Quadratfuß ausüben würde, bei gewöhnlichen Gebläsen nicht wohl zu erhalten, indem sie bei diesen in der Regel nach dem Wasserbarometer gemessen wird und selten 12 Zolle Wasserhöhe mit einem Drucke von 70 Pfd. gegen einen Quadratfuß erreicht. Beträgt, dann nach der oben (A. 2.) mitgetheilten Angabe der mittlere Luftdruck in genähertem Werthe 32 par. Fuß Wasser, die Spannung der Luft in dem Gefäße 33 par. Fuß, so wird

$$v = 1215 \sqrt{\left(\frac{33-32}{33}\right)} = 1215 \sqrt{\frac{1}{33}} = 211,5 \text{ par. Fuß,}$$

wenn man die Hindernisse der Bewegung ganz unberücksichtigt läßt<sup>1</sup>.

3) Wenn man sich ein mit Luft angefülltes Gefäß vorstellt, welches überall verschlossen, an irgend einer Stelle aber mit einer Oeffnung versehen ist, durch welche die Luft in den leeren Raum ausströmen kann, so wird die Geschwindigkeit des Ausströmens nach den vorausgehenden Betrachtungen durch die Elasticität und Dichtigkeit der eingeschlossenen Flüssigkeit, beeinflusst. Nachdem aber eine gewisse Menge des Gases ausgeflossen ist, ändert sich die Elasticität und zugleich die Dichtigkeit. Sind beide Größen von der Art, wie sie der atmosphärischen Luft zugehören, so ist hiernach die Ausflusgeschwindigkeit, wie oben, anfangs  $= 1215$  Fuß in einer Secunde; nimmt aber die Elasticität nach dem Ausströmen eines Theiles diesem verhältnißmäßsig ab, so würde die Geschwindigkeit vermindert

1 Vergl. *Gebläse* Bd. IV. S. 1144. In dem dort berechneten Beispiele, wobei ganz andere Größen zum Grunde liegen, ist eine Druckhöhe von 4 Fuß angenommen. Diese giebt nach der oben mitgetheilten Formel berechnet 405 F. Geschwindigkeit, und mit dem dort angenommenen beständigen Coefficienten  $= 0,7$  nur 283,5 par. F., welches von dem dort gefundenen Werthe  $= 292$  F. nur um 1,5 F. abweicht.

werden, wenn nicht gleichzeitig nach dem Boyle'schen Gesetze die Dichtigkeit in gleichem Verhältnisse abnähme. Indem dann bei der Abnahme der Elasticität als der bewegenden Kraft zugleich die Dichtigkeit und somit auch die zu bewegendes Masse auf gleiche Weise vermindert werden, so folgt, daß in diesem Falle die Ausflugs geschwindigkeit sich stets gleich bleiben muß, wenn man die Hindernisse der Bewegung nicht berücksichtigt.

4) Wenn eine Gasart von gegebener Dichtigkeit aus einem Gefäße durch eine Oeffnung in den leeren Raum abfließt, so wird hierzu eine gewisse Zeit erfordert, die Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft ändert sich und auf gleiche Weise die eingeschlossene Masse. Soll dann die Zeit bestimmt werden, während welcher die Elasticität und Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft von  $B$  bis  $b$  abnimmt, wenn der Querschnitt der Ausflußöffnung  $= m$  und der Inhalt des Gefäßes  $= V$  ist, so ist oben bereits gefunden worden, daß für die Spannung der atmosphärischen Luft als Einheit angenommen in dem Differential der Zeit  $= dt$  der mit Luft erfüllte Raum  $m dt \times 2\sqrt{gs}$  angefüllt wird (B. 1.). Da aber die Geschwindigkeit  $c$  sich nicht ändert, wie oben gezeigt wurde, so ist die bis zur Dichtigkeit  $b$  herabgekommene Luftmenge  $= mb dt \times 2\sqrt{gs}$ . Vor dem Ausströmen war dieselbe  $= VB$ , nach dem Ausströmen aber  $= Vb$ , und die ausgeflössene Luftmenge also  $= VB - Vb$ , also für das Differential der Zeit  $dt = -Vdb$ . Hieraus folgt, daß

$$mb dt \times 2\sqrt{gs} = -Vdb$$

seyn muß, wonach also

$$dt = \frac{-Vdb}{mb \times 2\sqrt{gs}} = \frac{V}{m \times 2\sqrt{gs}} \times -\frac{db}{b}$$

seyn muß. Das Integral hiervon giebt

$$t = -\frac{V}{m \times 2\sqrt{gs}} \log. \text{ nat. } b + \text{Const.}$$

Um dieses vollständig zu haben, darf man nur berücksichtigen, daß für  $t = 0$  auch  $b = B$ , also  $\log. \text{ nat. } \frac{B}{b} = \log. \text{ nat. } 1 = 0$  wird, wonach also

$$t = \frac{V}{m \times 2\sqrt{gs}} \log. \text{ nat. } \frac{B}{b}$$

wird.

5) Ungleich häufiger kommt der Fall vor, daß die eingeschlossene, unter einem höhern Drucke stehende Luft nach Au-



sen in die atmosphärische Luft entweicht, deren Dichtigkeit als unveränderlich zu betrachten ist. Soll dann die zum Ausströmen erforderliche Zeit gefunden werden, so sey die anfängliche Dichtigkeit der im Gefäße zusammengedrückten Luft  $= D$ , die verminderte nach dem Ausströmen während einer gegebenen Zeit  $= B$ , die der atmosphärischen  $= b$ , und es folgt dann aus dem Vorhergehenden (B. 1.), daß

$$c = c \sqrt{\frac{D(B-b)}{B(D-b)}}$$

seyn und die Bewegung für  $B=b$  aufhören muß. Ist dann für die Geschwindigkeit  $= c$  der Werth von  $s$  wie oben bestimmt, so muß derselbe für  $c = s \sqrt{\frac{D(B-b)}{B(D-b)}}$  seyn, und die

im Differentiale der Zeit  $= dt$  ausströmende Gasmenge beträgt

$$m B dt \sqrt{\frac{D(B-b)}{B(D-b)}}$$

Es ist aber diese Menge oben (B. 3.) bereits  $= V db$  gefunden worden (wenn  $B$ , oben  $b$  genannt, den verminderten Druck der Luft bezeichner), und so folgt also, daß

$$m B dt \sqrt{\frac{D(B-b)}{B(D-b)}} = V db$$

ist, woraus

$$dt = \frac{V \sqrt{(D-b)}}{m \sqrt{(4gsD)}} \times - \frac{db}{\sqrt{(B^2-bB)}}$$

gefunden wird. Das Integral giebt

$$t = \frac{V \sqrt{(D-b)}}{m \sqrt{(4gsD)}} \log. \text{ nat.} - \left[ B - \frac{b}{2} + \sqrt{(B^2-bB)} \right] + C,$$

und wenn man zur Bestimmung der Constante berücksichtigt, daß für  $t=0$  auch  $B=D$  werden muß, so ist

$$t = \frac{V}{m} \times \frac{\sqrt{(D-b)}}{\sqrt{(4gsD)}} \log. \text{ nat.} \left[ \frac{D - \frac{1}{2}b + \sqrt{(D^2-Db)}}{B - \frac{1}{2}b + \sqrt{(B^2-bB)}} \right]$$

Weil das Ausströmen aufhört, wenn  $B=b$  wird, so erhält man für die erforderliche Zeit auch die Gleichung

$$t = \frac{V}{m} \times \frac{\sqrt{(D-b)}}{\sqrt{(4gsD)}} \log. \text{ nat.} \left[ \frac{D - \frac{1}{2}b + \sqrt{(D^2-Db)}}{\frac{1}{2}b} \right]$$

6) Auf ganz gleiche Weise gelangt man leicht zur Beantwortung der Frage, wie lange Zeit erfordert werde, damit die Luft oder ein Gas aus einem von zwei mit einander verban-

desen Gefäße in das andere bis zur Herstellung des Gleichgewichts in beiden überströme. Es sey demnach der Inhalt der Gefäße  $V$  und  $V'$ ; die Dichtigkeit der Luft im Gefäße vom Inhalte  $V$  sey  $= D$  und in dem vom Inhalte  $V'$  sey  $= b$ ; nach Verlauf der Zeit  $t$  sey die Dichtigkeit im erstern Gefäße noch  $= B$ , im zweiten habe sie aber bis  $\beta$  zugenommen. War dann die anfängliche Geschwindigkeit der Strömung  $= c$ , nach der Zeit  $t$  aber  $= c'$ , so ist

$$c' = c \sqrt{\frac{D(B-\beta)}{B(D-b)}},$$

und für  $\beta = B$  hört die Strömung auf. Es folgt ferner, daß  $VD + V'b = VB + V'\beta$  seyn muß, woraus

$$\beta = \frac{V(D-B) + V'b}{V'}$$

folgt. Diesen Werth in die vorige Gleichung substituirt erhält man

$$c' = c \sqrt{\frac{D[V'(B-b) - V(D-B)]}{B V' (D-b)}},$$

welche Gleichung das Verhältniß der Ausflugs geschwindigkeit  $c$  zur Dichtigkeit  $= B$  ausdrückt. Nennt man zur Abkürzung  $D(V+V') = M$ ,  $V'b(b+D) = N$ ,  $V'D - V'b = R$  und  $\frac{N}{M} = q$ , so ist auf gleiche Weise als bei der vorhergehenden Aufgabe

$$m B dt \sqrt{4gs \frac{M(B-N)}{RB}} = d(VD - VB) = -VdB,$$

woraus

$$dt = \frac{V \sqrt{R}}{m \sqrt{4gsM}} \times \frac{-dB}{\sqrt{(B^2 - Bq)}}$$

erhalten wird. Die Integration und Bestimmung der Constante, so daß für  $t = 0$  auch  $B = D$  wird, giebt das vollständige Integral

$$t = \frac{V}{m} \sqrt{\frac{R}{4gsM}} \times \log. \text{nat.} \left[ \frac{\sqrt{D - \frac{1}{2}q} + \sqrt{(D^2 - Dq)}}{B - \frac{1}{2}q + \sqrt{(B^2 - Bq)}} \right]$$

7) Die hier mitgetheilte Darstellung der pneumatischen Gesetze wurde ursprünglich durch DANIEL BERNOULLI<sup>1</sup> gegeben,

<sup>1</sup> Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum Commentarii. Argentor. 1738. & Sect. II. Probl. 85. p. 226 ff.

nachher durch d'ALEMBERT<sup>1</sup> und insbesondere durch BOSSUT<sup>2</sup> allgemein verbreitet, später insbesondere von den Engländern<sup>3</sup> in dieser Einfachheit beibehalten, und genügt auch zur Beantwortung der meisten hierüber vorkommenden Aufgaben<sup>4</sup>. Inzwischen ist hierbei ein für allemal ein gewisses Verhältniß der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft angenommen, statt daß dieses sich mit der Temperatur und dem Barometerstande jederzeit ändert. Die spätern Bearbeiter dieses Problems haben daher größserer Schärfe wegen hierauf Rücksicht genommen und die daraus folgenden Bedingungen sogleich in die Formeln eingeführt. Am vollständigsten ist dieses geschehn durch NAVIER in seiner gehaltreichen Abhandlung<sup>5</sup>, woraus hier um so mehr das Wesentlichste mitgetheilt werden muß, als die darin enthaltenen eleganten Formeln zur Berechnung künftiger Versuche über diese Aufgabe unentbehrlich sind. Bezeichnet man hiernach den Druck der Flüssigkeit im Innern eines Gefäßes durch

1 *Traité de l'Equilibre et du mouvement des Fluides. Liv. II. chap. 4. in dessen Oeuvres mathématiques, XVI T. 4. oder in dessen Oeuvres. Par. 1821. V T. 4. T. II.*

2 *Traité théorique et expérimental d'Hydrodynamique. II vol. 3. Lehrbegriff der Hydrodynamik. Uebers. von K. G. LANGSDORF. Frankf. 1792. II Th. 8. Th. I. S. 409.*

3 OLIVIER GREGORY Darstellung der mechanischen Wissenschaften übers. von DIETLEIN. Halle 1824. Th. I. S. 596. *Encyclop. Britannique. Art. Pneumatics. ROBISON Mechanical Philosophy. By DAV. BARWATER. Edinb. 1822. T. III. p. 682 ff. BARLOW in Encyclopaedia metropolitana. Mixed Sciences. T. I. p. 839 u. a. m.*

4 Für die praktische Anwendung wird diese Formel meistens ohne Beweis angenommen, z. B. von KARSTEN in seinem Handbuch der Eisenhüttenkunde. Halle 1816. Th. I. S. 574. von J. BAADER in: Beschreibung und Theorie des englischen Cylindergebläses. München 1806. S. 64. von VILLERPOSSÉ in STÜNKEL's Magazin für Eisenberg- und Hüttenkunde Th. I. Heft 3. S. 240. von GARN in Samlinger i Bergsvetten-skaper af E. T. SUNDENSTIERNA och C. J. LIDBERG. Stockh. 1809. p. 91. u. a.

5 *Mémoires de l'Académie Roy. des Sciences de l'Institut de France. T. IX. p. 311. Auch im Journal du Génie civil. 1829. Nov. Ein sehr kurzer Auszug befindet sich in den Ann. de Ch. Ph. T. XXIV. p. 400 ff. Daß Barometerstand und Temperatur bei dieser Formel zu berücksichtigen sind, hat übrigens schon GILBERT bemerkt, s. G. XXVIII. 391., und wird überhaupt allgemein angenommen, wenn man sich auch, zu größerer Bequemlichkeit, eines constanten Verhältnisses bedient.*

P, den äußern durch P', die Dichtigkeit derselben unter dem Drucke P durch R, die durch den Fall in einer Secunde erlangte Geschwindigkeit (oben 2g genannt) durch g und die Ausflusgeschwindigkeit durch U, so hat man allgemein für alle Flüssigkeiten

$$U = \sqrt{\frac{2g(P-P')}{Rg}} \dots \dots \dots (1)$$

Bezeichnet ferner h die Höhe irgend einer Flüssigkeit, welche einen der atmosphärischen Luft gleichen Druck ausübt, H dagegen die Höhe einer solchen, die den Ueberschufs über diesen Druck misst,  $\omega$  das Einheitsgewicht dieser Flüssigkeit,  $\Pi$  das Einheitsgewicht der ausströmenden elastischen Flüssigkeit bei 0° Cent. und unter einem Drucke, welcher durch eine Flüssigkeitssäule von der Höhe =  $\eta$  gemessen wird,  $\nu$  die zur Zeit des Ausströmens nach Centesimalgraden beobachtete Temperatur, so ist  $P = \omega(h + H)$ ,  $P' = \omega h$ , und nach dem Gesetze der Ausdehnung gasförmiger Körper durch Wärme ist das Gewicht der Einheit der im Gefäße enthaltenen Flüssigkeit

$$Rg = \Pi \frac{h + H}{\eta} \times \frac{1}{1 + 0,00375\nu} \dots \dots \dots (2)$$

also nach Gleichung (1) durch Substitution

$$U = \sqrt{2g\eta \frac{\omega}{\Pi}} \times \sqrt{\frac{(1 + 0,00375\nu)H}{h + H}} \dots \dots \dots (3)$$

Für Sexagesimalsecunden, Meter und Kilogramme = k ist  $g = 9^m,8088$ ;  $\omega = 13568^k$  (den Druck nach einer Quecksilbersäule gemessen). Ist die Flüssigkeit atmosphärische Luft, wovon der Kubikmeter bei 0° Temperatur und 0<sup>m</sup>,76 Barometerstand 1<sup>k</sup>,3 wiegt, so erhält man  $\Pi = 1^k,3$ ;  $\eta = 0^m,76$ , und aus der Gleichung (3) wird, das specif. Gewicht der Luft gegen Quecksilber oder  $\frac{\omega}{\Pi} = 10437$  gesetzt,

$$U = 394,5 \sqrt{\frac{(1 + 0,00375\nu)H}{h + H}} \dots \dots \dots (4)$$

als die aus theoretischen Gründen folgende Abflusgeschwindigkeit (*dépense théorique* oder *naturelle*), welche statt finden würde, wenn der Flüssigkeitscylinder in gerader Richtung und ohne irgend ein Hinderniß durch die Oeffnung flösse, so daß man bei gegebener Weite des Querschnittes leicht die in gegebener Zeit ausfließende Luftmenge finden könnte. Hierbei wird voraus-

gesetzt, daß die Dichtigkeit  $P$  der eingeschlossenen Luft constant bleibe und auch dem ausfließenden Theile zukomme, was nur bei sehr kleinen Oeffnungen in sehr weiten Gefäßen näherungsweise statt finden könnte, indem vielmehr die Dichtigkeit des letztern allmählig von  $P$  zu  $P'$  übergehen muß.

8) Unter der Voraussetzung also, daß die Dichtigkeit der eingeschlossenen elastischen Flüssigkeit sich nicht ändere, sey  $ABCD$  der Durchschnitt eines zur Vermeidung des aus dem Gewichte der Flüssigkeit hervorgehenden Druckes horizontal liegenden Gefäßes, welches als eine Verlängerung des Gasometers betrachtet werden kann. Man nehme ferner an, daß der Druck der Flüssigkeit in dem als ersten betrachteten, auf die Axe  $MN$  des Gefäßes oder Rohres perpendicular stehenden, Durchschnitte ein constanter sey, und ebenso in dem als letzten betrachteten  $CD$ , so ist der Ausfluß der Flüssigkeit das Resultat der Differenz des Druckes bei dem erstern und letztern. Bezeichnet dann  $W$  den erstern und  $W'$  den letztern Durchschnitt,  $w$  irgend einen dazwischen liegenden, gleichfalls auf die Axe  $MN$  lothrechten, also etwa  $\alpha\beta$  nach der Zeichnung,  $x$  den Abstand  $M\mu$  der letztgenannten Durchschnittsfläche von der erstern,  $u$  die Geschwindigkeit des Gasstromes in  $\alpha\beta$  und  $U$  die in  $CD$ ; sind ferner  $P$ ,  $P'$  und  $p$  die Pressungen in  $AB$ ,  $CD$  und  $\alpha\beta$ , ist  $t$  die Zeit und heist  $\rho$  das Dichtigkeitsverhältniß der Flüssigkeit in  $\alpha\beta$  oder die Masse des daselbst als Einheit angenommenen Volumens, so daß  $k\rho = p$  für einen Werth von  $k$  wird, welcher beständig bleibt, so lange die Temperatur sich nicht ändert<sup>1</sup>, und denkt man sich endlich den ganzen Inhalt des Rohres in verschwindend dicke Abschnitte getheilt, welche sämmtlich auf der Axe  $MN$  lothrecht stehn, wonach also alle in diesen enthaltene Theile der Flüssigkeit mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden, indem sie unter gleichem

Fig. 70.

1 Eben diese GröÙe, aber ohne Rücksicht auf Temperaturwechsel, ist in der oben durch  $s$  bezeichneten enthalten. NAVIER bemerkt aber zur Erreichung einer weit größern Schärfe in den Bestimmungen, daß die Gleichung (2) auch  $Rg = H \frac{P}{\omega\eta} \cdot \frac{1}{1 + 0,00375\gamma}$  seyn

kann, woraus  $\frac{P}{R} = k = \frac{g\omega\eta(1 + 0,00375\gamma)}{H}$  folgt und für die dort angegebenen Bestimmungen und atmosphärische Luft

$$k = 77805 (1 + 0,00375\gamma).$$

Drucke stehn, und der Voraussetzung gemäß alle gleiche Massen der Flüssigkeit enthalten, indem diejenige, welche den ersten Abschnitt AB bildet, nach einander auch den folgenden zugehört, so erhält man die Gleichung für die Bewegung irgend eines dieser Abschnitte, z. B. des in  $\alpha\beta$  enthaltenen, dessen Masse  $\rho w dx$  und die ihn bewegende Kraft  $\rho w dx \frac{du}{dt}$  ist, durch die gegenseitige Einwirkung der Abschnitte auf einander  $= -w dp$ . Hieraus folgt

$$-w dp = \rho \cdot w dx \frac{du}{dt}$$

und für  $p = k\rho$

$$-k \frac{dp}{p} = dx \frac{du}{dt} \quad \dots \dots \dots (5)$$

Um diese Gleichung zu integrieren, muß man berücksichtigen, daß für die vorausgesetzte gleichförmige Bewegung eine gleiche Masse gleichzeitig alle Abschnitte durchlaufen muß, so daß  $\rho w u$  und also auch  $p w u$  stets einen gleichen Werth behalten.

Hiernach ist  $p w u = P' W' U$  und  $u = \frac{P' W' U}{p w}$ , also

$$\frac{du}{dt} = - \frac{P' W' U}{p^2 w^2} \frac{d(pw)}{dx} \frac{dx}{dt} \quad \dots \dots \dots (6)$$

worin  $U$  beständig ist,  $p$  und  $w$  sich aber mit der Lage der Abschnitte ändern. Werden diese Größen in die Gleichung (5) substituirt, worin  $\frac{dx}{dt} = u$  oder  $\frac{P' W' U}{p w}$  ist, so erhält man

$$k \frac{dp}{p} = P'^2 W'^2 U^2 \frac{d(pw)}{p^3 w^3}.$$

Die Integration giebt

$$2k \log. p = -U^2 \frac{P'^2 W'^2}{p^2 w^2} + \text{Const.}$$

Zur Bestimmung der Constante darf man nur berücksichtigen, daß für den ersten in AB angenommenen Abschnitt  $w = W$  und  $p = P$  ist, also

$$2k \log. \frac{P}{p} = U^2 \left( \frac{P'^2 W'^2}{p^2 w^2} - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2} \right) \quad \dots \dots (7)$$

und für den letztern in CD angenommenen Abschnitt, wo  $w = W'$  und  $p = P'$  ist, wird hieraus

$$2k \log. \frac{P}{P'} = U^2 \left( 1 - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2} \right),$$

woraus für die Ausflusgeschwindigkeit in GD folgt

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{\frac{P'^2 W'^2}{1 - \frac{P^2 W^2}{P'^2 W'^2}}}} \dots \dots \dots (8)$$

Vermittelst dieser Bestimmung der Geschwindigkeit würde man die Ausflusmenge für eine gegebene Zeit erhalten, wenn man sie mit dem Flächeninhalte der Mündung =  $W'$  multiplicirte, wobei der Druck der Flüssigkeit =  $P'$  für diese Stelle anzunehmen wäre. Nimmt man aber, wie gewöhnlich, statt dessen diesen Druck =  $P$ , wie er im Gasometer (oder dem Abschnitte AB) statt findet, so müßte der erhaltene Werth mit  $W'$  und dem Verhältnisse der Pressungen multiplicirt werden, wonach man erhält

$$\text{Ausflusmenge} = W' \frac{P'}{P} \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{\frac{P'^2 W'^2}{1 - \frac{P^2 W^2}{P'^2 W'^2}}}} \dots \dots \dots (9)$$

Der Werth dieser letztern Gleichung wird unendlich oder imaginär, wenn  $P' W'$  gleich oder größer ist als  $P W$ , d. h. wenn die Ausflusöffnung bei gleichem Drucke gleich oder größer wäre als die Einflusöffnung, indem dann die vorausgesetzte gleichmäßige Bewegung nicht statt finden könnte. Ist dagegen die Ausflusöffnung  $W'$  sehr klein, so verwandelt sich die Gleichung (8) in<sup>1</sup>

1 NAVIER vergleicht diesen Ausdruck mit dem oben unter (1) mitgetheilten, dessen man sich gewöhnlich bedient. Statt des dortigen kann gesetzt werden:

$$U = \sqrt{\frac{2P}{R} \cdot \frac{P - P'}{P}} \text{ oder } U = \sqrt{2k \frac{P - P'}{P}}.$$

Es ist aber  $\frac{P}{P'} = 1 - \frac{P - P'}{P'}$ , und also, wenn  $P$  nur unbedeutend größer ist als  $P'$ , ergiebt sich  $\log. \frac{P}{P'} = \frac{P - P'}{P'}$  beinahe, in welchem Falle beide Gleichungen nur unmerklich von einander abweichen. Ist dagegen der Unterschied bedeutend, so giebt die Formel (1) einen zu großen Werth, und wenn man zur Erhaltung der Ausflusmenge mit  $W'$  multiplicirt, statt mit  $W' \frac{P'}{P}$ , so giebt auch dieses einen Fehler in demselben Sinne. Jedoch ist der Werth von  $\frac{P - P'}{P'}$  meistens so geringe, daß die berechneten Werthe mit den durch Versuche gefundenen nahe genug übereinstimmen.

$$U = \sqrt{2k \log. \frac{P}{P'}} \dots \dots \dots (10)$$

und der in (9) gegebene Ausdruck für die Abflussmenge in

$$\frac{P' W}{P} \sqrt{2k \log. \frac{P}{P'}} \dots \dots \dots (11)$$

Wird der in der Gleichung (8) für U gefundene Werth in die Gleichung (7) substituirt, so erhält man

$$\frac{\log. \frac{P}{P'}}{\frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P^2 W^2}{P^2 W^2} - 1}{\frac{P^2 W^2}{P^2 W^2} - 1} \dots \dots \dots (12)$$

woraus die GröÙe des Drucks für irgend einen Abschnitt des Rohrs, dessen Fläche = w ist, gefunden werden kann. Statt dieser Gleichung kann man setzen:

$$\frac{\log. \frac{P}{P'}}{\frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P^2 W^2}{P^2 W^2} - 1}{\frac{P^2 W^2}{P^2 W^2} - 1} \dots \dots \dots (13)$$

wenn die Durchschnittsfläche der Ausflussöffnung in CD sehr klein gegen die Durchschnittsfläche des Cylinders in AB ist.

9) Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes sind zu verschiedenen Zeiten eine Menge von Versuchen angestellt worden, um die aus der Theorie folgenden Gesetze zu prüfen, und insbesondere um aus einer Vergleichung derselben mit der Erfahrung die Hindernisse kennen zu lernen, welche aus der physischen Beschaffenheit der Körper hervorgehn, indem die Erfahrung bereits ergeben hatte, daß auch bei tropfbaren Flüssigkeiten die beobachteten Geschwindigkeiten von den berechneten auf verschiedene und selbst einander entgegengesetzte Weisen abweichen. Von diesen die vorzüglichsten und wichtigsten etwas näher zu bezeichnen scheint mir für den Zweck der vorliegenden Untersuchung zu genügen. Unter diejenigen Versuche, bei denen die comprimirte atmosphärische Luft in die äußere, unter gewöhnlichem Drucke befindliche, ausströmte, gehören die von BANKS<sup>1</sup>. Die einfach construirte Maschine, deren er

1 On the power of Machines. Kendal 1803. 8. p. 10. auch in Manchester Memoirs T. V. und in Nicholson's Journal; daraus in G. XXII. 286, aber durch einen Rechnungsfehler von GILBERT entstellt.



sich hierzu bediente, bestand aus einem Gefäße V von bekanntem Inhalte mit einer Oeffnung m von gleichfalls bekanntem Querschnitte und einer verticalen Röhre R, die am untern Ende in ein mit vielen kleinen Löchern versehenes horizontales Röhrenstück r endigte, oben aber mit einem Trichter versehen war. Beim Versuche wurde die Oeffnung m mit einem Finger verschlossen, durch die Röhre R aber so viel Wasser in das Gefäß gebracht, bis die in demselben erzeugte größere Elasticität der Luft der drückenden Wassersäule in der Röhre R bis zum Trichter p das Gleichgewicht hielt. Alsdann wurde gleichzeitig der Finger von m weggenommen und aus einem andern Gefäße mittelst eines Hahns so viel Wasser in den Trichter p gebracht, daß die Höhe desselben in der Röhre R sich während der Dauer des Versuchs nicht änderte. Die Bestimmung der Zeit, während welcher die gesammte in V befindliche Luft durch m ausströmte, ergab sich mittelst einer genauen Uhr, und somit also aus dem Verhältnisse der Oeffnung m zum Inhalte des Gefäßes V die durch Erfahrung gefundene Geschwindigkeit der Strömung. In zwei Reihen von Versuchen betrug die Höhe der Röhre R in der ersten 30 Zolle und die Zeit bis zur Entleerung 33 Secunden, bei der zweiten aber verwandelten sich diese Größen in 72 Zolle und 21,3 Secunden, in beiden war der Inhalt des Gefäßes 425,088 Kubikzolle und der Querschnitt der Oeffnung 0,0046 Quadratzolle. Die Division der letzteren Größe in die erstere giebt einen Luftcylinder von 92410,4 Zollen, welcher nach dem Mittel aus der ersten Versuchsreihe in 33 Secunden ausströmte und also eine Geschwindigkeit von  $\frac{92410,4}{33} = 2799,9$  Fufs in einer Secunde hatte, in der zweiten aber von  $\frac{92410,4}{21,3} = 4338,5$  Fufs. Um beide Werthe mit den Druckhöhen zu vergleichen hat man  $\sqrt{2,5:2799,9} = \sqrt{6:4338,5}$ , was von 4338,5 nur um 0,2 F. abweicht. Bei dieser Uebereinstimmung genügt es, das Ergebnis nur einer der Versuchsreihen mit dem aus der Rechnung folgenden zu vergleichen. Zu diesem Ende ist zu berücksichtigen, daß nach englischem Fufsmasse und dem angenommenen Verhältnisse der Barometerhöhe und dem spec. Gewichte der Luft zum Wasser der atmosphärische Luftdruck einer Wassersäule von 33 engl. F. Höhe das Gleichgewicht hält, also der Werth von  $2\sqrt{g} = 1339$  eng-

liche Fuß beträgt. Dagegen folgt aus der zweiten Versuchsreihe

$$\sqrt{6} : \sqrt{361,6} = \sqrt{33} : 845,2,$$

und da also die letztere Größe  $= 1339$  seyn müßte, so giebt  $\frac{845,2}{1339} = 0,631 \dots$  den beständigen Coefficienten, womit mul-

tiplicirt werden muß, wenn man die Hindernisse der Bewegung nicht vernachlässigen will. Hiernach wäre also die oben (B. 1.) für den Ausfluß der Gasarten gefundene Formel zu berichtigen und die Geschwindigkeit des Ausströmens

$$c = 0,631 \dots \times 2 \sqrt{gs \left( \frac{B-b}{B} \right)} = 1,262 \sqrt{gs \left( 1 - \frac{b}{B} \right)}$$

zu setzen<sup>1</sup>.

Der aus diesen Versuchen gefundene Coefficient, welcher allgemein  $m$  heißen möge, hat einen sehr nahe gleichen Werth als derjenige, welcher für den Ausfluß des Wassers aus Oeffnungen in dünnen Blechen gleichfalls aus der Erfahrung entnommen ist und die sogenannte *Zusammensziehung der Wasserräder* giebt<sup>2</sup>. Inzwischen hat der letztere in den verschiedenen Versuchen nicht unbedeutende Abweichungen vom arithmetischen Mittel aus allen gezeigt, und auf gleiche Weise wird sich aus dem Verfolge der Untersuchungen ergeben, daß die Physiker den erstern keineswegs überall gleich gefunden haben, was wohl größtentheils aus Fehlern der Messungen herrühren mag, zum Theil aber in der ungleichen Beschaffenheit der Ausflußöffnungen seinen Grund hat.

10) In Frankreich stellte GIRARD<sup>3</sup> beiläufig einige Versuche an und fand daraus den Werth von  $m = 0,714$ ; inzwischen übergehe ich eine ausführliche Mittheilung dieser Versuche, weil sie von späteren weit übertroffen werden, namentlich von den eben so zahlreichen als genauen, wodurch D'AVOUISSON<sup>4</sup> diese wichtige Frage zur bestimmten Entschei-

<sup>1</sup> Hierin bezeichneth  $g$  den Fallraum in der ersten Secunde  $= 15$  per. Fuß ungefähr. Die neuern französischen Gelehrten nehmen  $g$  doppelt so groß an, aus Gründen, die im Art. *Schwere* erläutert werden. Aus der in diesem Art. beibehaltenen doppelten Bezeichnungart kann indeß nicht wohl Verwirrung entstehn.

<sup>2</sup> S. *Hydrodynamik* Bd. V. S. 582.

<sup>3</sup> Ann. Ch. Ph. XVI. 142.

<sup>4</sup> Die ausführliche Abhandlung steht in *Annales des Mines* T. XIII. p. 483., im Auszuge in Ann. de Chim. et Phys. XXXII.

dung zu bringen suchte. Der von diesem geschickten Experimentator gebrauchte Apparat bestand aus einem Gasometer von 0,65 Met. innerem Durchmesser und 0,8 Met. Höhe, in dessen Deckel zwei Oeffnungen angebracht waren, die eine zur Aufnahme des mit gefärbtem Wasser gefüllten Manometers bestimmt, die andere mit einer Schraubenmutter versehen, um eine luftdicht eingeschraubte kurze Röhre aufzunehmen, welche am Ende mit einem durchbohrten Bleche verschlossen war oder mit verschieden gestalteten Ausflusströhren. Das Gasometer sank beim Auströmen des Gases in dem Wasser seines Behälters geschwinder oder langsamer, je nachdem es mehr oder weniger beschwert war, zwischen vier Streben nieder; eine Scale zeigte die Tiefe des Einsinkens und ein Secundenzähler die hierzu erforderliche Zeit. Betrug der Durchmesser der Oeffnung über 0,03 Meter, so erfolgte das Sinken in 10 bis 20 Sekunden, und weil die Zeitbestimmung bis auf eine ganze Secunde ungewiss war, kleinere Durchmesser als 0,01 Meter aber nicht mit hinlänglicher Sicherheit meßbar waren<sup>1</sup>, so wurden Oeffnungen von 0,01, 0,015, 0,02 und 0,03 Met. Durchmesser gewählt, die meisten Versuche aber mit Oeffnungen von 0,015 Met. angestellt. Um ein gleichmäßiges Sinken des Gasometers zu bewirken, legte man Gewichte zu, um den Verlust zu compensiren, welchen das tiefere Einsinken desselben in das Sperrwasser erzeugte. Als Fehlergrenzen nimmt D'AUBUISSON an bei dem Manometer ein Millimeter, beim Sinken des Gasometers kaum ein Centimeter, in der Zeitbestimmung eine halbe bis höchstens eine ganze Secunde, aber als die bedeutendste ein bis zwei Zehnthelle eines Millimeters in der Bestimmung des Durch-

---

327. D'AUBUISSON kannte die demnächst mitzutheilenden deutschen Versuche gar nicht, die von BANKS nur aus einer allgemeinen Erwähnung durch GIRARD, und zugleich aus ebendesselben Berichte in den Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. die hier später zu erörternden von LAGERHOLM, wobei zugleich erwähnt wird, daß schon im Jahre 1782 ähnliche Versuche durch einen Schweden, Namens GARN, angestellt worden wären. Diese letzteren aufzusuchen habe ich mich nicht weiter bemüht.

1 Die von G. G. SCHMIDT angewandte Methode, kleine, etwas konische Stäbchen in die Oeffnungen zu passen und deren Durchmesser vermittelt des Mikrometers zu messen, giebt sehr genaue Resultate.

messers der Ausflußöffnung. Hieraus lassen sich die Abweichungen der einzelnen Resultate leicht erklären, jedoch wurden die Versuche so vielfach wiederholt, daß sie dennoch als entscheidend gelten können<sup>1</sup>. Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der erhaltenen Größen.

Diam. der Öffnung.	Manome- terhöhe.	Sinken des Gasomet.	Zeitdauer in Sec.	Werth von M.	Mittel.
0,01 Met	0,0286	0,60 Met.	187	0,623	0,630
desgl.	0,0500	0,60 -	141	0,629	
desgl.	0,0730	0,60 -	117	0,628	
desgl.	0,0980	0,60 -	102	0,623	
desgl.	0,1200	0,55 -	82	0,642	
desgl.	0,1440	0,55 -	76	0,634	
0,015 M.	0,0280	0,60 -	82	0,643	0,652
desgl.	0,0500	0,60 -	60	0,660	
desgl.	0,0720	0,60 -	51	0,647	
desgl.	0,0980	0,45 -	32	0,664	
desgl.	0,1220	0,55 -	36	0,648	
0,02 Met	0,0270	0,60 -	46	0,665	0,646
desgl.	0,0380	0,60 -	39,5	0,642	
desgl.	0,0500	0,60 -	34,75	0,636	
desgl.	0,0600	0,60 -	31,5	0,641	
0,03 Met.	0,0270	0,60 -	20	0,656	0,673
desgl.	0,0320	0,60 -	18	0,666	
desgl.	0,0380	0,60 -	16,5	0,683	
desgl.	0,0440	0,60 -	15,5	0,675	
desgl.	0,0500	0,60 -	14,75	0,664	

Das Mittel aus allen Versuchen giebt den Werth des Widerstandscoefficienten  $m = 0,649$ . Inzwischen bemerkt D'AUVISSON, daß eine frühere Reihe von Versuchen bei Anwendung einer Öffnung in einer dünnen Platte von 0,01 Meter Durchmesser  $m = 0,707$  gegeben habe, nach genauester Messung wurde aber die Öffnung etwas größer als 0,01 Meter gefunden, und die bei den aufgenommenen Versuchen gebrauchte etwas kleiner, nämlich nur 0,0098 Meter. Wird diese Größe in die Berechnung aufgenommen, so geben die ersten 6 Versuchsreihen im Mittel den Werth von  $m = 0,655$ , jedoch hat er die geringere Größe  $m = 0,630$  beibehalten, weil die zu 0,03 Met. angegebene Öffnung etwas zu groß war und sich durch Aus-

1 D'AUVISSON stellte im Ganzen mehr als tausend Versuche an.

gleichung also der Werth von  $m = 0,65$  als der Wahrheit möglichst nahe kommend herausstellt.

Um den Widerstandcoefficienten für die Ausströmung aus kurzen cylindrischen Röhren zu finden, gebrauchte d'AUBUISSON den nämlichen Apparat und wählte Röhren von der dreimaligen Länge ihres Durchmessers, weil diese für die praktische Anwendung am geeignetsten sind. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht dieser Versuche und ihrer Resultate.

Ausflußröhren.		Manometerhöhe.	Sinken des Gasomet.	Zeit des Strömens.	Werth von $m$ .	
Länge.	Diameter.				Versuch	Mittel.
0,04 Met.	0,01 Met.	0,027 M.	0,60 Met.	132 Sec.	0,910	0,931
desgl.	desgl.	0,050 -	0,60 -	97 -	0,912	
desgl.	desgl.	0,072 -	0,60 -	79,75	0,925	
desgl.	desgl.	0,095 -	0,60 -	68 -	0,947	
desgl.	desgl.	0,120 -	0,55 -	61 -	0,920	
desgl.	desgl.	0,141 -	0,55 -	51,5	0,940	0,924
0,045	0,015	0,027 -	0,60 -	59 -	0,923	
desgl.	desgl.	0,050 -	0,60 -	43,5	0,922	
desgl.	desgl.	0,072 -	0,60 -	36 -	0,930	
desgl.	desgl.	0,096 -	0,55 -	29 -	0,917	
desgl.	desgl.	0,120 -	0,55 -	26 -	0,916	0,916
0,06	0,02	0,028 -	0,60 -	33 -	0,896	
desgl.	desgl.	0,050 -	0,60 -	24,25	0,915	
desgl.	desgl.	0,072 -	0,60 -	19 -	0,934	
desgl.	desgl.	0,096 -	0,55 -	16 -	0,919	
0,08	0,03	0,025 -	0,60 -	14 -	0,964	0,933
desgl.	desgl.	0,031 -	0,60 -	13,67	0,934	
desgl.	desgl.	0,039 -	0,60 -	12 -	0,902	

Wegen der ungewissen Zeitbestimmung bei den weitem Röhren sollen die drei letzten Versuchsreihen nur als Näherungen gelten, wonach also der Werth von  $m = 0,924$  für solche Röhren wird, deren Länge ihren Durchmesser um das Dreifache bis Vierfache übertrifft. Es verdient hierbei nicht übersehn zu werden, daß d'AUBUISSON nach der Vergleichung ähnlicher Erscheinungen beim Wasser den erhaltenen Werth von  $m$  unerwartet groß fand. Um zugleich den Einfluß der Länge bei cylindrischen Ausflußröhren zu prüfen, wurden abermals Versuche mit solchen angestellt, die bei ungleicher Länge einen gemeinschaftlichen Durchmesser von 0,015 Met. hatten; sie ergaben für 0,022 Met. Länge  $m = 0,927$ , für 0,16 M. Länge  $m = 0,832$ , für 0,045 - - -  $m = 0,924$ , - 0,325 - - -  $m = 0,738$ , woraus ein bedeutender Einfluß der Länge deutlich hervorgeht.

Zur Ermittlung des Unterschiedes zwischen cylindrischen und konischen Röhren wurden die letzteren bei dem nämlichen Apparate in der Art angewandt, daß sie alle von gleicher Länge waren und an der Basis den doppelten Durchmesser der Mündung hatten. Folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuchsreihen.

Ausflußröhren.			Manometerhöhe.	Sinken des Gasomet.	Zeit des Strömens.	Werth von m.	Mittel.
Länge.	Durchmesser. Basis.	Mündung					
0,04 M.	0,02 M.	0,01 M.	0,050 M.	0,60 M.	96 Sec.	0,928	0,927
desgl.	desgl.	desgl.	0,072 —	0,60 —	81 —	0,917	
desgl.	desgl.	desgl.	0,096 —	0,60 —	69 —	0,934	
desgl.	desgl.	desgl.	0,120 —	0,60 —	62 —	0,930	
0,045 —	0,03 —	0,015 —	0,028 —	0,60 —	57,5 —	0,913	0,917
desgl.	desgl.	desgl.	0,050 —	0,60 —	43 —	0,916	
desgl.	desgl.	desgl.	0,072 —	0,60 —	36 —	0,915	
desgl.	desgl.	desgl.	0,096 —	0,55 —	28,5 —	0,927	
0,06 —	0,04 —	0,02 —	0,027 —	0,60 —	32 —	0,945	0,936
desgl.	desgl.	desgl.	0,037 —	0,60 —	27,5 —	0,951	
desgl.	desgl.	desgl.	0,050 —	0,60 —	24 —	0,928	
desgl.	desgl.	desgl.	0,060 —	0,60 —	22 —	0,924	
0,08 —	0,06 —	0,03 —	0,040 —	0,60 —	12 —	0,924	0,933
desgl.	desgl.	desgl.	0,050 —	0,60 —	11,5 —	0,942	

Als Mittel aus allen diesen und mehreren nicht speciell aufgeführten Versuchen mit gehöriger Würdigung ihres Werthes und der wahrscheinlichen Fehlergrenze ergibt sich der Werth von  $m = 0,93$ , also nur wenig, aber doch etwas größer, als für cylindrische Ausflußröhren. Um endlich noch genauer dieses Resultat und den Einfluß der konischen Gestalt zu prüfen, wurden einige Reihen von Versuchen mit solchen Röhren angestellt, die am äußern Ende sämmtlich einen gleichen Durchmesser von 0,015 Meter hatten, an der Basis aber einen ungleichen, und deren Länge außerdem verschieden war. Sie gaben folgende Resultate.

Ausflußröhren.			Höhe des Manometers.					Mittel.
Länge.	Durchmesser. Basis. Ende.		0,028	0,050	0,072	0,096	0,120	
Meter.	Meter.		Werthe für m.					
0,045	0,02	0,015	0,939	0,939	0,940	0,933	...	0,938
0,045	0,03	0,015	0,913	0,916	0,915	0,917	0,916	0,917
0,045	0,06	0,015	0,786	0,810	0,797	0,803	0,794	0,796
0,025	0,02	0,015	0,946	0,939	0,940	0,960	0,951	0,947
0,01	0,02	0,015	0,888	0,877	0,881	0,881	0,874	0,880

Aus dieser Zusammenstellung ergeben sich dann zugleich die

Grenzen der Abweichungen, zwischen denen die Versuchsreihen schwanken:

D'AUBUISSON hat für seine sämmtlichen Versuche die aus der Theorie folgende Ausflussmenge durch Anwendung einer einfachen Formel gefunden<sup>1</sup>, indem er sie dem Producte der Geschwindigkeit in die Fläche der Oeffnung proportional setzt, nämlich

$$310 d^2 \sqrt{h \cdot \frac{1 + 0,004 t}{13,6 (b + h)}}$$

welche mit der oben unter (4) mitgetheilten identisch ist, insofern  $d^2$  den Flächeninhalt der Oeffnung,  $t$  die Temperatur in Centesimalgraden,  $b$  die Barometerhöhe mit Beifügung des Coefficienten für die Reduction des spec. Gewichts des Quecksilbers auf das des Wassers und  $h$  den Stand des Wassermanometers bezeichnen. Der Coefficient erhält dann eine Abänderung durch die Multiplication mit  $\frac{\pi}{4}$ , worin  $\pi$  das bekannte Verhältniß des

Kreises zum Durchmesser bezeichnet. NAVIER hat zwar, wie oben bereits erwähnt wurde, gezeigt, daß diese Formel etwas zu große Resultate giebt, wonach also der gefundene Werth von  $m$  etwas zu klein werden mußte. Dennoch aber glaubt er, daß bei einem so geringen Drucke auf die im Gefäße enthaltene Luft die Abweichung nicht bedeutend seyn könne, findet aber einen Grund der geringeren Genauigkeit in dem Umstande, daß die Ausflußöffnung sich nicht unmittelbar in der Wand des Gasometers, sondern in einem Bleche am äußeren Ende einer 0,027 Meter langen und 0,08 Meter weiten Röhre befand; auch ist es ihm nicht entgangen, daß die Größe  $m$  mit der Weite der Ausflußöffnung von 0,630 bis 0,673 wächst, was er als eine Bestä-

1 Diese Formel findet man entwickelt in Ann. des Mines T. XI. p. 191. Die Ausflußgeschwindigkeit wird darin bei Anwendung eines Quecksilbermanometers

$$= 395 \sqrt{\frac{h (1 + 0,004 t)}{b + h}} \text{ Meter}$$

und für ein Wassermanometer, das spec. Gewicht des Quecksilbers = 13,6 gesetzt,

$$= 395 \sqrt{\frac{h (1 + 0,004 t)}{13,6 (b + h)}}$$

angenommen.

tigung seiner Vermuthung betrachtet<sup>1</sup>. Inzwischen hat d'AUBUSSON den eigentlichen Grund dieser Abweichung selbst richtig angegeben.

11) Eine große und instructive Reihe von Beobachtungen hat LAFRANKE in den Denkschriften der Akademie zu Stockholm nach schwedischem Maße bekannt gemacht, eine leichter Uebersicht gewähren dieselben aber nach der Bearbeitung und Reduction auf französisches Maß durch NAVIER, weswegen ich diese hier mittheile. Die in folgender Tabelle enthaltenen beziehen sich sämmtlich auf die Bestimmung des Werthes von  $m$ , wenn die Luft durch eine runde Oeffnung in einem dünnen Kupferbleche auströmt, auch sind dabei der schwedische Fok und Centesimalgrade beibehalten.

Durchmesser der Oeffnung.	Innere Druck.	Barometerhöhe.	Temperatur.	Ausflußzeit in Sec.	Auflufmenge in Kub. F.	Worth von $m$ .
0,112200	1,6160	2,545	16° C.	4,50	7,5859	0,6097
— — — —	1,2090	— — —	17	5,25	8,8919	0,5972
— — — —	0,5555	— — —	16	7,50	7,6547	0,6063
— — — —	0,1919	— — —	18	13,25	8,0860	0,6103
0,080617	1,6160	2,305	17	9,00	8,0819	0,6013
— — — —	1,2170	— — —	—	10,50	8,0370	0,5804
— — — —	0,5555	— — —	15	15,00	7,9251	0,5806
— — — —	0,2121	2,508	17,5	23,50	8,6635	0,6854
0,041346	1,6059	2,536	20	32,00	7,3881	0,6098
— — — —	1,2120	— — —	19,5	36,20	7,2440	0,6029
— — — —	0,5555	2,540	10,5	51,20	6,8875	0,5933
— — — —	0,1969	— — —	—	82,00	6,6251	0,6018

Zur Berechnung dieser Versuche mußte zuerst die oben Nro. 8 durch  $k$  bezeichnete Größe gefunden werden. Da nach LAFRANKE's Angabe  $g = 9^m$ ,  $809 = 33,068$  schwed. Fufs beträgt und die mittlere Barometerhöhe  $= 0^m,76 = 2,562$  schwed. Fufs, so erhält man durch Substitution dieser Werthe in jene Formel, wonach zugleich  $\omega = 13568$  wird,

$$k = 1149300 \frac{1 + 0,00375 \cdot r}{1,3}.$$

Die Formel (11) auf gemeine Logarithmen reducirt verwandelt sich diesemnach in

1 NAVIER theilt auch theoretische Betrachtungen über den Ausfluß cylindrischer und konischer Röhren mit, stellt hierüber Formeln auf und berechnet danach die durch d'AUBUSSON gefundenen Resultate. Weil aber in diesen Formeln der erst zu bestimmende Werth von  $m$  schon enthalten ist, so lasse ich diese weg.



$$\frac{P'W'}{P} \sqrt{\left(2k (2,30206) \log. \text{ vul. } \frac{P}{P'}\right)}$$

Die beobachtete Ausflussmenge dividirt durch die berechnete giebt dann den Werth von  $m$ , dessen einzelne Bestimmungen nicht mehr von einander abweichen, als die Fehlergrenze der Beobachtungen beträgt, so daß das Mittel aus allen  $= 0,6149$  als die richtige Bestimmung dieser GröÙe betrachtet werden kann.

12) Auch über den Ausfluß der Luft aus kurzen cylindrischen Röhren hat LAGERHIELM zwei Versuche angestellt. NAVIER findet für diese den beständigen Factor  $\mu$ , welcher die durch Erfahrung gefundenen Ausflussmengen den theoretisch bestimmten gleich macht, indem er die bereits bestimmte GröÙe  $m = 0,62$  in die Formel aufnimmt, wonach dann

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{0,62 (1 - 0,89) \frac{P - P'}{P}} - 1\right)^2}}$$

wird. Bei den zwei genannten Versuchen war der Durchmesser der Röhre  $= 0,063$  und die Länge  $0,46$  schwed. Fufs, die Barometerhöhe  $= 2,511$  schwed. Fufs und die Temperatur  $13^{\circ} \text{C}$ .

Druck im GefäÙe.	Dauer des Ausflusses.	Ausflussmenge.	Werth von $\mu$ .
schwed. F.	Secunden.	Kub. F.	
1,5150	11,25	8,0197	0,8400
0,5757	20,50	7,8930	0,7164

welche beide Werthe bedeutend von einander abweichen, zugleich aber demjenigen nahe kommen, welchen D'AUBUISSON für solche Röhren gefunden hat, deren Länge ihren Durchmesser 7 bis 8mal übertrifft, statt daß für kürzere von der drei- bis vierfachen Länge des Durchmessers  $\mu$  bedeutend größer wird<sup>1</sup>.

13) Eine Reihe sehr schätzbarer Versuche zur Bestimmung des Werthes von  $m$  hat G. G. SCHMIDT angestellt<sup>2</sup>. Hierzu bediente er sich eines Gasometers, welcher aus einer oben ge-

1 NAVIER's theoretische Betrachtungen sind zwar sehr wohl begründet, für die praktische Anwendung ist es aber am besten, zur Berechnung der Ausflussmengen die Formel (11) zu benutzen und den beständigen Coefficienten  $m$  oder  $\mu$  für die verschiedenen Bedingungen zu bestimmen.

2 G. LXVI. 48.

Fig. 72. faßten, mit einem Hahne e und einer Vorrichtung zum Aufschrauben verschiedener Ausflußröhren versehenen Glocke A bestand, die in ein mit Wasser gefülltes Gefäß BB' CC' gesenkt war. Stand das zur Compression dienende Wasser, dessen Höhe an einer angebrachten Scale gemessen wurde, beim Anfange des Versuches in der Glocke bis a b, im äußern Gefäße bis c d, so gingen diese beiden Größen am Ende desselben in a' b' und c' d' über, und da die Druckhöhen und ihre Aenderungen nicht groß waren, so genügte es, statt beider die mittlere bei der Berechnung zu nehmen. Die aus theoretischen Gründen folgende Ausflußmenge, ohne Rücksicht auf die Hindernisse der Bewegung wurde nach der einfachen Bernoulli'schen Formel

$$M = t e^2 \sqrt{\frac{g}{\delta}} (\sqrt{H} + \sqrt{h})$$

berechnet, worin t die Zeit in Secunden,  $e^2$  den Flächeninhalt des Querschnittes der Oeffnung, g den Fallraum in der ersten Secunde,  $\delta$  die Dichtigkeit der ausströmenden Luft gegen Wasser (worin also der oben in der Formel (4) eingeführte Coefficient für den Einfluß der Wärme schon enthalten ist), H und h aber die Druckhöhen beim Anfange und Ende des Versuchs bezeichnen. Heißt dann M' die durch Erfahrung gefundene

Menge des ausströmenden Gases, so ist  $\frac{M'}{M} = m$  der gesuchte Coefficient des Widerstandes.

Weil der genannte Apparat, welchen ich in der Folge den Glocken-Apparat nennen werde, nur geringe Druckhöhen gestattete, so ließ G. G. SCHMIDT noch einen zweiten für größere Fig. 73. verfertigen. Dieser bestand aus zwei cylindrischen Gefäßen A und B aus Weißblech, jedes von 10 par. Zoll Durchmesser und 12 Zoll Höhe. Das untere A war mit einem Hahne C und einer Vorrichtung zum Aufstecken verschiedener Ausflußröhren versehen, hatte außerdem bei D eine mit einer Schraube verschlossene Oeffnung, um das Wasser abfließen zu lassen und irgend eine Gasart einzufüllen. Vom Boden des obern Gefäßes bis fast zur Berührung mit dem des untern ging die einen Zoll weite Röhre EF herab, die oben bei E durch einen mit Leder umwundenen, an der Stange KL befestigten, Stopfer luftdicht verschlossen werden konnte. An der Außenseite des obern Gefäßes befand sich die in Zolle und Linien getheilte Glasröhre HG, um daran den Wasserstand abzulesen, MN und M'N' endlich dienen

bloß als Stützen. Die Art des Experimentirens mit diesem Apparate, welcher durch Cylinder-Apparat bezeichnet werden möge, ergibt sich bei seiner Einfachheit aus der Beschreibung von selbst, nur ist zu bemerken, daß nach Anfüllung des obern Gefäßes mit Wasser und Oeffnung des Stöpsels die doppelte Senkung des Wassers im obern Gefäße von der Höhe des ganzen Apparates abzuziehn ist, um die Länge der drückenden Wassersäule  $= H$  beim Anfange des Versuches zu finden, nach dessen Beendigung die doppelte Höhe der Senkung von  $H$  abgezogen die Länge derselben  $= h$  giebt, und die Barometerhöhe  $+ \frac{H+h}{2}$  die mittlere Dichtigkeit der Luft während des

Versuches.

Für die Versuche über das Ausströmen aus Oeffnungen in dünnen Blechen wurden drei Ansatzröhren Nro. 1 von 0,274, Nro. 2 von 0,42 und Nro. 3 von 0,645 Linien Durchmesser nach Messungen mit dem Mikroskope verfertigt. Aus mehreren Versuchen mit dem Cylinder-Apparate wurde im Mittel der beständige Factor  $m$  mit Nro. 1  $= 0,5225$ , mit Nro. 2  $= 0,5285$  und mit Nro. 3  $= 0,5172$  gefunden, bei der Anwendung des Glocken-Apparates aber war derselbe  $m$  mit Nro. 1  $= 0,5238$ , mit Nro. 2  $= 0,5202$  und mit Nro. 3  $= 0,5179$ . Werden diese 6 nur wenig von einander abweichende Bestimmungen zusammengekommen, so giebt das arithmetische Mittel aus allen  $m = 0,5217$ , welche Größe so bedeutend geringer ist, als die durch BANKS, LAERHIELM und D'AUBUISSON gefundene, daß es sich allerdings der Mühe lohnt, den Ursachen dieses Unterschiedes nachzuforschen. Was zuvörderst die Messungen und die dadurch gefundenen Werthe betrifft, so giebt die große Genauigkeit und Uebung des in jeder Hinsicht vortheilhaft bekannten Experimentators hierüber genügende Sicherheit, auch sind alle einzelne Bestimmungen so speciell angegeben, daß hiergegen nicht füglich ein Zweifel obwalten kann. Eben so wenig lassen sich gegen die Art der Berechnung gegründete Einwendungen machen, wohl aber sind die Verhältnisse der specifischen Gewichte der Luft und des Wassers gegen Quecksilber und die sonstigen in der Rechnung enthaltenen beständigen Größen seitdem anders bestimmt. Es schien mir daher nicht überflüssig, einen der mitgetheilten Versuche nach der oben unter (4) gegebenen Formel von NAVIER zu berechnen, und zwar den mit dem Cylinder-Appa-

rate und der Oeffnung Nro. 1 angestellten, weil der hierdurch gefundene Werth von  $m = 0,5225$  zwischen den beiden andern ungefähr in der Mitte liegt. Hierbei war der Barometerstand  $= 27$  Z. 4,5 Lin.  $= 328,5$  Lin., die Temperatur  $= 16^{\circ}$  R.  $= 20^{\circ}$  C. Wird dann das spec. Gewicht des Quecksilbers gegen Wasser  $= 13,6$  hiernach und nach den im Art. *Gewicht*, spec. mitgetheilten Bestimmungen corrigirt, so ist dasselbe

$$= 13,6 \frac{\left(1 - \frac{20}{5550}\right)}{0,998248} = 13,527.$$

Die Länge der Quecksilbersäule im Barometer wird hiernach einer Wassersäule von 4443,71 Linien oder 370,31 Zoll gleich. Endlich betrug der Wasserdruck im Anfange des Versuches 37,9 und am Ende 31,7, also im Mittel 34,8 Zolle. Werden demnach in der Formel Nro. 4 die Meter auf Fußmaß reducirt und die eben gefundenen Größen substituirt, so wird aus

$$U = 394,5 \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \cdot v) H}{h + H}}$$

durch diese Substitution

$$U = 14573,35 \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \times 20) \cdot 34,8}{370,31 + 34,8}} = 442,86.$$

Nach der Weite der Oeffnung mußten mit dieser Geschwindigkeit in der Zeit von 4' 12" oder 252 Secunden 456,97 Kubikzolle Luft ausfließen<sup>1</sup>, und da die Beobachtung 243,35 Kubikzolle gab, so ist

$$m = \frac{243,35}{456,97} = 0,5325,$$

welcher Werth von dem durch SCHMIDT gefundenen nicht sehr verschieden ist. Es geht also hieraus hervor, daß nach diesen Versuchen der Werth des Widerstandscoefficienten  $m$  weit geringer gefunden wurde, als derselbe aus den sehr genau mit einander übereinstimmenden Resultaten von BANKS, LAGERHIELM und D'AUBUISSON hervorgeht. Ehe ich inzwischen diese Abweichung näher zu untersuchen mir erlaube, scheint es mir an-

---

1 Die genau gemessene Oeffnung hatte nämlich 0,274 par. Lin. im Durchmesser, also war rad.  $= 0,137$  Linien. Dieses giebt nach der Formel  $r^2 \pi$  einen Cylinder von 0,00040947... Zoll, woraus bei einer Geschwindigkeit von 442,86 Zoll in 1 Sec. während 252 Secunden die angegebene Menge von Kubikzollen folgt.

gemessen, zuvor eine Uebersicht der sämmtlichen zahlreichen Versuche des deutschen Physikers mitzuthellen.

Um den Einfluss kurzer cylindrischer Ausflussröhren auf die Menge des ausströmenden Gases zu erforschen, bediente sich SCHMIDT des beschriebenen Cylinder-Apparates und versah denselben mit gläsernen Röhrchen von ungleicher Länge. Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der hierbei einander zugehörigen Gröfsen.

Länge in Zollen.	Durch- mess. in Lin.	Mittlere Druck- höhe.	Zeit des Aus- strömens.	Menge des Gases nach Vers.      nach Rechn.		Werth von m.
0,6	0,400	34,53	120 Sec.	455,5	280,25	0,6149
0,3	0,400	33,95	120 —	449,7	280,25	0,6232
0,6	0,634	32,60	60 —	557,5	361,10	0,6548
0,3	0,634	33,18	60 —	561,5	385,80	0,6870

Aehnliche Versuche mit dem Glocken-Apparate gaben folgende Resultate.

Länge in Zollen.	Durchm. in Lin.	Mittlere Druck- höhe.	Zeit des Aus- strömens.	Menge des Gases.		Werth von m.
				Rechn.	Vers.	
0,6	0,634	3,65	44 Sec.	139,7	78,6	0,5628
0,3	0,634	3,65	40,5 —	128,5	78,6	0,6115

Eine große Menge von Versuchen wurde angestellt, um den Einfluss der konischen Gestalt bei den Ausflussröhren zu ermitteln. Hierzu diente anfangs der Glocken-Apparat und ein Röhrchen von nur 9,6 par. Lin. Länge, dessen größter Durchmesser 0,84 und kleinster 0,38 par. Lin. betrug. Von 7 Versuchen gaben 2 mit der weiten Oeffnung nach Aufsen ganz gleiche Resultate und werden daher für einen gerechnet, so daß also drei Versuche für diese Vorrichtung und eben so viele für die umgekehrte angenommen sind. War die kleinere Oeffnung nach Aufsen gekehrt, so ergab sich der Coefficient des Widerstandes  $m = 0,6042, 0,6092, 0,6395$ , also im Mittel und mit geringer Abweichung von diesem 0,6176; war sie dagegen nach Innen gerichtet, so betrug der Werth von  $m = 0,7392, 0,724, 0,6894$ , also im Mittel und gleichfalls ohne große Abweichung von diesem  $= 0,7175$ . Bei der Anwendung des Cylinder-Apparates zu gleichem Zwecke wurden 5 Ausflussröhrchen gebraucht, die bei gleichmäßiger Länge von 0,6 par. Zoll ungleiche Durchmesser hatten. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der erhaltenen Resultate.

Durchmesser der Röhren		Richtung des kleinsten Durchm.	Ausströmende Luft.		Werth von $m$ .
größter	kleinster		Rechn.	Vers.	
0,8 Lin.	0,5 Lin.	Nach Außen	360 K.Z.	259,8 K.Z.	0,7274 <sub>0,57m</sub>
1,06 —	0,536 —	desgl.	409 —	275,5 —	0,6736
1,30 —	0,536 —	desgl.	410,8 —	266,9 —	0,6764 <sub>0,57m</sub>
1,06 —	0,5634 —	desgl.	457,2 —	314,0 —	0,6868
0,55 —	0,50 —	Nach Innen	354,0 —	235,5 —	0,6651
0,80 —	0,50 —	desgl.	354,4 —	293,59 —	0,8481 <sub>0,57m</sub>
1,06 —	0,536 —	desgl.	404,5 —	353,25 —	0,8733
1,30 —	0,536 —	desgl.	405,0 —	353,52 —	0,8710 <sub>0,57m</sub>

Das eine der gebrauchten Röhren war zu wenig konisch, als daß man dasselbe zur Ermittlung des Einflusses dieser Gestalt auf die ausströmende Gasmenge benutzen könnte. Wenn dagegen die wenig unter einander verschiedenen Resultate der drei Versuche, bei denen die engere Oeffnung nach Innen gekehrt war, zusammengekommen, so beträgt hiernach der Werth von  $m = 0,86413$ . Unter den vier Versuchen, wobei die engere Oeffnung nach Außen gekehrt war, giebt bloß der erste ein von den übrigen merklich abweichendes Resultat, welches aber als Mittel aus drei Bestimmungen, nämlich 0,7204, 0,7387, 0,7243, die sich einander sehr gleich sind, von großem Gewichte ist. Das arithmetische Mittel aus allen Versuchen giebt  $m = 0,69105$ , und wenn man den ersten Versuch als abweichenden wegläßt, so erhält man  $m = 0,67893$ . Aus der Vergleichung dieser Versuche geht übrigens noch ein anderes Resultat hervor, welches auch d'AUBUISSON aus den seinigen gefunden haben will, nämlich daß die konische Form dann die größten Ausflußmengen giebt, wenn sie nicht zu sehr von der cylindrischen abweicht, und es möchte daher das Verhältniß der Durchmesser  $= 8:5$  wohl vorzüglich geeignet seyn, um diese Mengen ihrem Maximum wenigstens zu nähern.

Der eine der hier mitgetheilten Versuche, wobei die Durchmesser der Röhren nur so wenig verschieden waren, kann füglich als mit einem etwas längeren cylindrischen angestellt betrachtet werden, und dann kommt dabei zugleich das von NAVIER gleichfalls hervorgehobene Verhältniß der Länge zum Durchmesser in Betrachtung. Dieses war bei dem durch SCHMIDT gebrauchten  $= 13:1$ , bei dem durch d'AUBUISSON angewandten  $= 10:1$  und  $21:1$ , wenn man bei Letzterem bloß die beiden mit etwas längern Röhren angestellten Versuche heraushebt. Für

diese fand D'AUBUISSON  $m = 0,832$  und  $m = 0,738$ , also im Mittel  $= 0,785$ , SCHMIDT dagegen  $m = 0,6651$ , also beträchtlich kleiner, und zwar im Verhältnisse von  $1:0,847\dots$  Bei dem durch LAGERHIELM gebrauchten Röhrchen war jenes Verhältniß  $= 7,3:1$  und der gefundene Werth von  $m = 0,7782$ , so daß auch dieser im Verhältnisse von  $1:0,8418$  größer ist, mit dem durch D'AUBUISSON gefundenen aber nahe übereinstimmt.

Beiläufig ist zu bedauern, daß weder der französische, noch auch der schwedische Gelehrte mit ihren sehr vollkommenen Apparaten die Frage zu beantworten suchten, inwiefern die Ausflußmengen der Gasarten bedingt werden, wenn man die weitere Oeffnung der Ausflußröhren nach Außen kehrt, woraus schon das bekannte Verhalten bei tropfbaren Flüssigkeiten führen mußte, und dem deutschen Physiker gebührt daher das Lob, auch diesen Theil der ganzen Aufgabe nicht übersehn zu haben. Vergleichen wir aber vorläufig die von SCHMIDT und D'AUBUISSON angestellten Versuche mit konischen Röhren, die engere Oeffnung nach Außen gerichtet, so darf nicht übersehn werden, daß bei Letzterm nur in den drei ersten Versuchsreihen die Länge der Röhrchen ihren kleinsten Durchmesser um nicht völlig das Vierfache übertraf, bei Erstem aber um das Dreizehnfache; der Letztere erhielt für  $m$  die drei ziemlich ungleichen Werthe  $m = 0,938$ ,  $0,917$  und  $0,798$ , also im Mittel  $m = 0,884$ , der Erstere dagegen  $m = 0,7274$ ,  $0,6736$ ,  $0,6764$  und  $0,6868$ , also aus allen im Mittel  $0,69105$  und aus den drei letztern, einander sehr gleichen,  $m = 0,67893$ , mithin gleichfalls im Verhältnisse von  $1:0,768$  kleiner. Ehe ich jedoch zu einer nähern Prüfung auch dieser ungleichen Resultate übergehe, muß ich zuvor noch eine Uebersicht einiger spätern Versuche mittheilen, welche G. G. SCHMIDT gleichfalls mit seinen bereits beschriebenen Apparaten angestellt hat. Hierhin gehören zuerst diejenigen, wozu der Cylinder-Apparat und gläserne kurze Ausflußröhren gebraucht wurden, deren Resultate folgende Tabelle darstellt.

Ausflußröhren.		Mittlere Druckhöhe	Zeit des Aus- strömens.	Menge der Luft.		Werth von m.
Länge.	Durchm.			Rechn.	Vers.	
0,6 Zoll	0,4 Lin.	34,53 Z.	120 Sec.	455,5	280,25	0,6149
0,3 —	0,4 —	33,95 —	120 —	449,7	280,25	0,6232
0,6 —	0,634 —	32,60 —	60 —	557,5	361,10	0,6548
0,3 —	0,634 —	33,18 —	60 —	561,5	385,80	0,6870

Ähnliche mit dem Glocken-Apparate gaben folgende Resultate.

Ausflußröhren.		Mittlere Druckhöhe.	Zeit des Aus- strömens.	Menge der Luft.		Werth von m.
Länge.	Durchm.			Rechn.	Vers.	
0,6 Zoll	0,634 Lin.	3,65 Z.	44 Sec.	139,7	78,6	0,5628
0,3 —	0,634 —	3,65 —	40,5 —	128,5	78,6	0,6115

Um nochmals den Einfluß der konischen Gestalt bei den Ausflußröhren sowohl bei stärkerem als auch bei geringerem Drucke zu prüfen, dienten folgende Versuche, zuerst mit dem Cylinder-Apparate und gläsernen Röhrchen, bei denen die konische Zuspitzung nur 0,3 Zoll betrug.

Ausflußröhren.			Mittlere Druck- höhe.	Zeit des Aus- strömens.	Menge der Luft.		Werth von m.
Länge in Zollen	Durchmess. in Linien hinterer	vorderer			Rechn.	Vers.	
1,3	0,385	0,690	33,13	90 Sec.	312,1	354,8	1,1225
0,6	0,385	0,690	34,79	60 —	217,7	247,27	1,1360
0,6	0,690	0,385	33,57	120 —	420,5	325,8	0,7712
0,7	0,683	0,650	34,40	45 —	453,3	282,6	0,6223

Bei der Anwendung des Glocken-Apparates wurden die oben beschriebenen messingnen Ausflußröhrchen gebraucht, welche dann folgende Resultate gaben.

Ausflußröhren.			Mittlere Druck- höhe.	Zeit des Aus- strömens.	Menge des Gases.		Werth von m.
Länge in Zollen	Durchmess. in Linien hinterer	vorderer			Rechn.	Vers.	
0,6	0,5	0,8	3,65	58 Sec.	114,97	78,6	0,6836
0,6	0,8	0,5	2,65	75 —	124,30	78,6	0,6319
0,6	1,3	0,536	2,65	68 —	129,60	78,6	0,6066
0,6	0,536	1,3	3,65	42 —	95,68	78,6	0,8218
0,6	1,06	0,5634	2,65	61 —	128,00	78,6	0,6119

Ohne vorerst noch auf eine vollständige Lösung des vorliegenden wichtigen Problems einzugehn, führt die Uebersicht der hier mitgetheilten Bestimmungen zu einigen interessanten Folgerungen, wovon ich die wichtigsten kurz andeuten will.

1) Unter günstigen Bedingungen kann eine konische Ausflußröhre die Geschwindigkeit der Strömung so stark vermehren, daß sie größer wird, als die Theorie sie giebt, gerade wie dieses auch für Wasser durch DAN. BERNOULLI, VENTURI und andere aufgefunden worden ist<sup>1</sup>. Solche Röhren scheinen auf jeden Fall und unter allen Bedingungen größere Ausflußmengen zu geben, als wenn sie in umgekehrter Richtung angewandt werden, oder

<sup>1</sup> Vergl. *Hydrodynamik* Bd. V. S. 538.



als die cylindrischen, inzwischen äufsern sie diese Wirkung im Maximum blofs bei einem geeigneten Verhältnisse der Länge zum Durchmesser, und es läfst sich annehmen, dafs dieses sich dann vorzüglich günstig herausstellt, wenn der kleine Durchmesser sich zum grofsen wie 1:2 und zur Länge wie 1:10 verhält.

2) Wenn die nach Aufsen gerichtete konische Oeffnung noch durch einen cylindrischen Fortsatz verlängert ist, so scheint dieses zur Vermehrung der Ausflufsgeschwindigkeit nichts weiter beizutragen. Die Versuche hierüber sind zu wenig zahlreich, nicht mannigfaltig genug modificirt, und die Folgerung kann daher nur dann als begründet angesehen werden, wenn man die wenigen vorhandenen für hinreichend genau hält; denn als die Länge des Röhrchens nur 0,6 Zoll betrug, ergab sich der Werth von  $m = 1,136$ , bei einer Verlängerung bis zu 1,3 Zoll aber wurde in zwei Versuchen  $m = 1,137$  und  $1,108$ , also im Mittel  $= 1,1225$  gefunden.

3) Soll die Geschwindigkeit des Ausströmens bei cylindrischen Röhren ihr Maximum nicht überschreiten, so darf die Länge nicht mehr als das Fünffache des Durchmessers betragen; bei gröfserer Länge nimmt dieselbe wieder ab.

4) Auf gleiche Weise nehmen die Geschwindigkeiten bei cylindrischen Röhren mit der Verminderung ihres Durchmessers wieder ab, aber beide Abnahmen stehn in sehr ungleichen Verhältnissen zu einander. SCHMIDT findet für das erstere Verhältnifs 27:25 und für das letztere 3:2, allein diese Bestimmungen beruhen blofs auf den durch ihn selbst angestellten Versuchen.

5) Die Gröfse des Widerstandscoefficienten hängt von der Glätte des Canals ab. Hiermit scheint zwar nicht übereinzustimmen, dafs der Werth von  $m$  kleiner gefunden wurde bei den gläsernen Röhrchen als bei den messingnen, obgleich die Oberfläche der erstern Substanz härter und demnach auch glätter ist, als die der letztern; allein man mufs wohl berücksichtigen, dafs bei den Strömungen der Gase nicht sowohl von einer Ueberwindung der Reibung, als vielmehr der Adhäsion die Rede seyn kann, und es ist den Physikern hinlänglich bekannt, wie schwierig namentlich weiche Körper, als Fäden, Zenge, Leder, die Finger u. s. w. über die Oberfläche des Glases hingleiten. SCHMIDT fand ausserdem durch einen directen Versuch mit einem kurzen cylindrischen Ansatzrohre die Geschwindigkeit der Strömung im

Verhältnisse von 56:61 vermehrt, als das eine Röhrchen inwendig geölt und dann wieder gereinigt worden war.

6) Geringe Druckhöhen geben zwar beim Ausströmen der Gase durch Oeffnungen in dünnen Blechen eine gleich große relative Geschwindigkeit, als größere, insofern der Coefficient des Widerstandes bei beiden gleich gefunden wird, keineswegs ist dieses aber bei Ansatzröhren; auch selbst bei kurzen, der Fall, indem diese jederzeit eine Verzögerung herbeiführen und den beständigen Coefficienten in geringer geben. SCHMIDT findet die Ursache hiervon in dem Umstande, daß die Vermehrung der Geschwindigkeit beim Durchgange eines Gasstromes durch ein Ansatzröhrchen nur dann überhaupt statt finden kann, wenn die beschleunigende Kraft eine gewisse Größe erreicht hat und demnach den unveränderlichen Widerstand, welcher aus der Adhäsion an den Wänden des Röhrchens hervorgeht, leichter überwindet. Diese Folgerung beruht indess abermals bloß auf der Vergleichung der eben mitgetheilten Versuche unter sich; eine Zusammenstellung der später zu erörternden Beobachtungen von GIRARD und D'AUBUISSON über das Strömen der Gase in langen, beträchtlich weiten Röhren könnte zwar zu einer ähnlichen Folgerung veranlassen, im Ganzen aber ergibt sich daraus, daß unter den letztern Bedingungen die Druckhöhen keinen bedeutenden Einfluß äußern.

14) Später als die zuletzt beschriebenen Versuche und in der speciellen Absicht, die aus diesen abgeleiteten Gesetze zu prüfen, wurde eine nicht unbeträchtliche Reihe durch F. K. L. KOCH<sup>1</sup> bekannt gemacht, die derselbe mit einem großen und für diesen Zweck eigends auf öffentliche Kosten verfertigten Apparate angestellt hatte. Die gebrauchten Vorrichtungen waren dem von G. G. SCHMIDT angegebenen Cylinderapparate nachgebildet, auch wurde im Ganzen diejenige Methode des Experimentirens in Anwendung gebracht, welche Letzterer befolgt hatte. Inzwischen hielt KOCH die von seinem Vorgänger vorausgeschickte, bei der Berechnung der gefundenen Größen an-

---

1 Versuche und Beobachtungen über die Geschwindigkeit und Quantität verdichteter atmosphärischer Luft, welche aus Oeffnungen von verschiedener Construction und durch Röhren ausströmt, von F. K. L. KOCH. Aus dem ersten Bande der Studien des Göttingischen Vereins bergmännischer Freunde besonders abgedruckt, Götz. 1834. 8.

gewandte Theorie, die ihm außerdem aus unzulänglichen Quellen bekannt war<sup>1</sup>, für falsch, glaubte, die Aufsuchung eines Coefficienten des Widerstandes sey ganz unzulässig, und suchte daher eine Gleichung zwischen den Druckhöhen und den Ausflusgeschwindigkeiten bloß aus seinen Versuchen aufzufinden, wodurch er dann nothwendig auf eine der Hyperbel zugehörige geführt werden mußte. Das Mißverständniß beruhte hauptsächlich auf der falschen Voraussetzung, daß die Bewegungsgesetze tropfbarer Flüssigkeiten, aus diesem ihren eigenthümlichen Aggregatzustande entlehnt, auf den hiervon verschiedenen der gasförmigen Flüssigkeiten keine Anwendung gestatteten; aber die Theorie geht nicht von der Natur der tropfbaren Flüssigkeiten aus, sondern von dem Principe der Schwere und dem hierdurch bewirkten Falle der Körper, und muß daher gleichmäßig auf tropfbar- und elastisch-flüssige Körper mit gehörigen Modificationen Anwendung finden<sup>2</sup>. Inzwischen hatte die Unrichtigkeit der Theorie auf die angestellten Versuche keinen unmittelbaren Einfluß, wenn gleich die berechneten Ausströmungsgeschwindigkeiten, welche bloß aus den Beobachtungen entnommen und daher mit dem Widerstands-Coefficienten behaftet sind, eben diesen letztern nicht angeben, der sich jedoch durch eine abermalige Berechnung der erhaltenen Resultate auffinden ließe. Dieses ist bereits durch G. G. SCHMIDT<sup>3</sup> in seiner gehaltreichen Prüfung jener Abhandlung gesehn, und hieraus ergibt sich dann, daß der Widerstands-Coefficient nach KOCH's Versuchen für Oeffnungen in dünnen Bleichen genau mit dem im Mittel durch SCHMIDT erhaltenen übereinstimmt und gleichfalls 0,52 beträgt; für kurze cylindrische Röhren und für konische, die engere Oeffnung nach Außen gekehrt, beträgt er nach jenem 0,644 und 0,751, nach diesem dagegen

1 Auch D'AVOINIAUX macht die Bemerkung, daß die Theorie und die bereits angestellten Versuche, dieses pneumatische Problem betreffend, in den Werken über die Hüttenkunde entweder übergangen oder nur mangelhaft abgehandelt werden.

2 KOCH würde zur richtigen Ansicht der Sache sofort gelangt seyn, wenn er den eigentlichen Sinn des von ihm S. 16. ausgesprochenen Satzes, nämlich es lasse sich *a priori* (soll heißen, theoretisch, aus bereits anerkannten Naturgesetzen) beweisen, daß die Ausflusgeschwindigkeiten des Wassers sich wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen verhalten, richtig erkannt hätte.

3 G. LXXVIII. 39.

0,63 und 0,70, mit sehr großer Uebereinstimmung der durch beide gefundenen Werthe.

Die hier ausführlich mitgetheilten Erfahrungen sind wohl die wichtigsten. Unter die minder bedeutenden, die nur eine kurze Erwähnung verdienen, können die von THOMAS YORKE gerechnet werden, welche derselbe in nächster Beziehung auf die Theorie des Schalles anstellte<sup>1</sup>. Dabei entwich die comprimirte Luft aus einer Oeffnung in einer Thierblase, die mit einer Nadel gestochen worden war und deren Durchmesser daher, wie genau auch ihre Messung seyn mochte, nicht mit der erforderlichen Schärfe bestimmt werden konnte. Inzwischen ergab sich doch aus diesen Versuchen und andern, wobei die Luft durch kurze Röhren strömte, daß die Geschwindigkeit durch die letztern vermehrt wird.

15) Da man die bisher erwähnten und ihnen verwandte Untersuchungen nicht sowohl der Theorie wegen, als vielmehr zur Erforschung praktisch anwendbarer Gesetze angestellt hat, so ist es vor allen Dingen wichtig zu fragen, was für Resultate aus ihnen hervorgegangen sind. In dieser Beziehung wäre es bei der Wichtigkeit der Anwendung auf die Gebläse allerdings wünschenswerth, daß die aus den mitgetheilten Hauptversuchen folgenden Bestimmungen des Werthes von  $m$  eine größere Uebereinstimmung zeigen möchten; allein, wie bereits oben bemerkt wurde, es ist ganz unmöglich, die durch SCHMIDT und KOCH aufgefundene Bestimmung dieses Werthes für Oeffnungen in dünnen Blechen und kurzen cylindrischen oder konischen Ausflußröhren mit denen zu vereinigen, die durch D'AUVISSON und LAZARHIELM erhalten wurden. NAVIER hält aus theoretischen Gründen selbst den von D'AUVISSON erhaltenen Werth von  $m$  bei Oeffnungen in dünnen Blechen noch eher für zu klein als für zu groß, indem er glaubt, derselbe müsse demjenigen gleich seyn, welcher für ausfließendes Wasser durch zahlreiche Versuche mit großer Genauigkeit bestimmt worden ist, und dieses Argument gewinnt an Gewicht, wenn man berücksichtigt, daß D'AUVISSON'S Versuche den Werth von  $m$  für kurze Röhren größer gaben, als er beim Wasser gefunden wurde; um so viel mehr also muß die durch SCHMIDT erhaltene weit geringere Größe als ganz unzulässig erscheinen. Inzwischen zeugen

---

1 Phil. Trans. 1800. p. 106. Auch in G. XXII. 249.

für die Gültigkeit der durch Letztern angestellten Versuche, außer ihrer nahestehenden Uebereinstimmung mit den durch Koch mitgetheilten, ihre große Menge und mehrfache Wiederholung, insbesondere aber die bekannte große Gewissenhaftigkeit und erprobte Geschicklichkeit des Experimentators. Werden sie jedoch mit denen verglichen, womit D'ARNAISON die Wissenschaft bereichert hat, so fällt das Uebergewicht auf die Seite dieser Letztern. Auch bei diesen ist die nahe Uebereinstimmung mit demjenigen, was LAGERHJELM aufgefunden hat, von großem Gewichte, und große Gewissenhaftigkeit mit ungewöhnlicher Fertigkeit im Experimentiren ist auch diesem berühmten Physiker nicht abzusprechen; überhaupt aber darf man die mit allen Einzelheiten genau beschriebenen Versuche des Letztern nur gehörig prüfen, um zu der festen Ueberzeugung zu gelangen, daß das durch sie gegebene Resultat nicht anders als richtig seyn kann. Dagegen läßt sich in Beziehung auf die durch SCHMIDT gefundenen Werthe von  $m$  allerdings mit Grunde einwenden, daß zwar die für die Strömung durch Oeffnungen in dünnen Blechen und kurze Ansatzröhren gefundenen sehr genau unter einander übereinstimmen, keineswegs ist dieses aber der Fall bei der Anwendung von konischen Röhren. Fassen wir daher alle die mitgetheilten Thatfachen zusammen, so gehn an ihnen folgende auch für die praktische Anwendung wichtige Folgerungen hervor.

1) G. G. SCHMIDT hat seine Versuche nur mit sehr engen Oeffnungen und Röhren angestellt, wobei der Widerstandscoefficient an sich schon größer wird, vermuthlich gehn aber aus der Ansetzung des mit einem Hahne versehenen Stücks, aus dem Einschleifen und der, wenn gleich verhältnißmäßig weiten, Bohrung des Letztern und aus dem Einschrauben der hohlen Spitze einige sonst nicht berücksichtigte Hindernisse hervor, die den Widerstandscoefficienten vermindern. Weil indeß eben diese bei kleinern, namentlich Gasgebläsen, gleichfalls vorkommen, so ist es bei der unverkennbaren Genauigkeit des Experimentators am geeignetsten, für diese Fälle, wenn eine Berechnung darüber angestellt wird, den Werth von  $m$  so, wie er im Mittel gefunden worden ist, also etwa  $= 0,52$  für Oeffnungen in dünnen Blechen anzunehmen.

2) Zur Bestimmung der Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft aus größern Oeffnungen in dünnen Blechen sind die Ver-

sache von BANKS keineswegs ganz verwerflich, denn sein Apparat war hinlänglich groß, die Oeffnungen waren nicht allzu klein, die Höhe des Druckwassers blieb sich stets gleich; auch scheint mir das Verschliessen und Oeffnen der Ausflußöffnung mittelst des Fingers noch immer ein weit sichereres Mittel, als die Anwendung eines Guericke'schen Hahns; denn in diesem Umstande scheint mir zum Theil der Grund zu liegen, wegen der Versuche von SCHMIDT sehr allgemein ein zu kleines Resultat geben, indem die abgesperrte und ruhende Luft nach der Umdrehung des Hahns erst in Bewegung kommen und die Kugeln, ihr entgegenwirkende fortzustossen anfangen muß, ehe sie gleichmäßig fließt. Am sichersten ist es auf jeden Fall, das Gasometer erst so lange sinken zu lassen, bis dessen Herabsinken gleichmäßig wird, und dann die Zeitmessung zu beginnen, wie dieses durch LAGERHELM und d'AUBUISSON geschah. NAVIER zeigt zwar einige Vorliebe für die Versuche des Erstern, allein mir scheinen vielmehr die des Letztern so sehr allen billigen Forderungen zu genügen, daß ich dem aus einer sehr großen Menge und mit geringer Abweichung unter einander gefundenen Mittelwerthe von  $m$  den Vorzug einzuräumen kein Bedenken trage. Hiernach bleibt also die durch SCHMIDT und KOCH gefundene Bestimmung des Werthes von  $m$  unberücksichtigt (mit Ausnahme der so eben in Nr. 1. bezeichneten Anwendung), BANKS fand  $m = 0,632$ , d'AUBUISSON  $= 0,65$ , LAGERHELM  $= 0,62$ , und wenn wir das arithmetische Mittel aus diesen drei Bestimmungen wählen, so ergibt sich  $m = 0,634$ ; wofür wir, bei dem überwiegenden Werthe der durch d'AUBUISSON gefundenen,  $m = 0,64$  für die praktische Anwendung mit vollkommener Sicherheit als hinlänglich genau annehmen können.

3) Zur Beantwortung der Frage über den Werth von  $m$  für kurze cylindrische Ansatzröhren stehn uns bloß die Versuche von d'AUBUISSON als hinlänglich genau zu Gebote; denn die von SCHMIDT und KOCH stimmen unter sich zu wenig überein und sind obendrein aus den bereits angegebenen Gründen verwerflich, LAGERHELM aber wandte, eben so wie die beiden genannten Gelehrten, zu lange Röhren an, deren Länge ihren Durchmesser um das 7,3fache übertraf, abgerechnet, daß die beiden durch ihn erhaltenen Bestimmungen unter sich zu verschieden sind, als daß sie zu einem Mittelwerthe vereinigt wer-

den dürften. Wenn daher die Länge solcher kurzen cylindrischen Röhren ihren Durchmesser um nicht mehr als das 5fache übertrifft, so ist nach den zahlreichen und unter sich wenig abweichenden Versuchen von d'AUBUISSON im Mittel der Werth von  $m = 0,924$  oder  $= 0,92$ . Wächst die Länge gegen den Durchmesser vom 5fachen bis etwa zum 15fachen, so schwankt der Werth von  $m$  zwischen 0,84 bis etwa 0,75 nach d'AUBUISSON und LAGERHJELM.

4) Für kurze konische Röhren, die engere Oeffnung nach Außen gekehrt, dürfen wir unbedenklich den durch d'AUBUISSON aus seinen eben so zahlreichen als genau unter sich übereinstimmenden Versuchen gefundenen Werth von  $m = 0,98$  annehmen, vorausgesetzt, daß bei einer 4 bis 5fachen Länge gegen den kleinsten Durchmesser letzterer den größern um nicht mehr als das Doppelte übertrifft. Ueberhaupt dürften zu mehrerer Sicherheit der Berechnung für die praktische Anwendung nur die cylindrischen oder wenig konischen Ausflusströhren Empfehlung verdienen.

5) Konische Röhren, die weitere Oeffnung nach Außen gekehrt, sind für die praktische Anwendung wohl nicht sehr zu empfehlen; denn obgleich sie eine größere Ausflussmenge geben, so würde dann auch im Großen durch die größere Menge des ausströmenden Gases der manometrische Druck vermuthlich schneller abnehmen und hieraus eine schwer zu berechnende Compensation erwachsen. Theoretisch ist es jedoch interessant, daß die Gasarten unter dieser Bedingung sich auf gleiche Weise verhalten, als die tropfbaren Flüssigkeiten, und außerdem sind Canäle, die sich allmählig etwas erweitern, bei der *Luftheizung* und der *Ventilation* zur Beförderung des Luftzugs gewiß nützlich. Zur Bestimmung des Werthes von  $m$  für solche mit der weitem Oeffnung nach Außen gekehrte Röhren stehn uns bloß die Versuche von G. G. SCHMIDT zu Gebote, die jedoch als allein stehend und zu wenig zahlreich, auch nicht genug unter sich übereinstimmend nur als Näherung zu betrachten sind. Hiernach würde also der Werth von  $m = 1,25$  im Mittel festzusetzen seyn.

6) Für die praktische Anwendung, namentlich um diejenige Luftmenge zu finden, welche ein Gebläse bei bekannter Höhe des Manometers und Weite der Ausströmungsoeffnung in einer bestimmten Zeit giebt, ist es von großer Wichtigkeit

solche Formeln zu benutzen, welche leicht anwendbar sind und dennoch zugleich eine hinlängliche Genauigkeit gewähren. In Beziehung auf die vorliegende Aufgabe genügt sicherlich die oben (4) mitgetheilte. Bezeichnet dann allgemein  $M$  die Menge der ausströmenden Gasart in Kubikmetern,  $m$  den beständigen Coefficienten des Widerstandes,  $d$  den Durchmesser der Ausflußöffnung in Metern,  $\pi$  das Verhältniß des Kreisumfanges zum Durchmesser,  $\nu$  die Grade des Centesimalthermometers,  $H$  den Ueberschuß des innern Luftdrucks über den äußern oder den Stand des Wassermanometers<sup>1</sup>,  $\Pi$  das spec. Gewicht der atmosphärischen Luft und  $\Pi'$  das der ausströmenden Gasart<sup>2</sup>, und nimmt man für den mittlern Luftdruck  $h$  die Länge einer Wassersäule von 10,25 Metern an, so beträgt die Ausflußmenge in einer Sexagesimalsecunde bei runden Oeffnungen<sup>3</sup>

$$M = 394,5 \frac{d^2}{4} m \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \nu) \cdot H}{10,25 + H}} \sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

$$= 309,84 d^2 m \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \nu) \cdot H}{10,25 + H}} \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

und für sonstige Oeffnungen vom Flächeninhalte  $= e^2$  der Ausflußöffnung

$$M = 394,5 e^2 m \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \nu) \cdot H}{10,25 + H}} \sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

Soll dagegen  $M$  in pariser Kubikfuß gefunden werden, wonach  $h$  einer Wassersäule von 32 par. Fuß gleichgesetzt wird, so hat man

$$M = 1215 \frac{d^2}{4} m \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \nu) \cdot H}{32 + H}} \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

$$= 954,26 d^2 m \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \nu) \cdot H}{32 + H}} \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

und für Oeffnungen von beliebiger Gestalt und einem Flächeninhalte  $= e^2$

$$M = 1215 e^2 m \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \nu) \cdot H}{32 + H}} \sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

1 Bei der Anwendung eines Quecksilbermanometers muß mit  $\gamma 13,6$  multiplicirt werden, weil die Größe  $H$  um so viel, nämlich das spec. Gewicht des Quecksilbers, zu klein ist.

2 Die Gründe für die Beifügung dieses Factors werden später untersucht werden. S. unten §. 20.

3 Es versteht sich, daß bei konischen Röhren die kleinste Oeffnung in Rechnung genommen werde.



Für alle diese Formeln ist der Werth von  $m$  durch die so eben mitgetheilten Angaben bestimmt.

16) Kurze Ausfuhröhren vergrößern die Menge der ausströmenden Gase in Vergleichung mit Oeffnungen in dünnen Blechen, allein die Vermehrung erreicht bei zunehmender Länge bald ihr Maximum und nimmt dann wieder ab. Hierauf führte außer theoretischen Gründen schon das diesem ähnliche Verhalten des Wassers, auch ergab sich dasselbe sofort bei absichtlich angestellten Versuchen. Es ist hierbei allerdings denkbar, daß die fortgesetzte Abnahme der Geschwindigkeit endlich zum gänzlichen Stillstande führen müßte, allein theils ist die Verminderung zu gering, als daß bei wirklichen Ausführungen die Länge der Röhren bis zu diesem Extreme ausreichen sollte, theils liegt in der langsamern Bewegung selbst ein Grund, daß die stärkere Zusammendrückung der Gasarten stets weiter fortschreitet, und mit dieser zugleich die Ursache der Strömung, so daß also ein gänzlicher Stillstand erst bei unendlicher Länge der Röhrenleitung statt finden könnte oder physisch unmöglich seyn würde.

Die Frage über die Fortpflanzung der Luftbewegung durch bedeutend lange Röhren kam schon früh durch PARIS<sup>1</sup> zur Untersuchung, welcher den Vorschlag that, zur leichten Fortpflanzung der Bewegung auf große Entfernungen an irgend einem durch Wasser getriebenen Rade eine Compressionspumpe anzubringen, die hierdurch verdichtete Luft mittelst langer Röhrenleitungen an den Ort zu führen, wo man den Effect verlangte, und daselbst einen Kolben in einem Stiefel durch sie in Bewegung zu setzen. Dr. Hooke machte sofort Einwendungen gegen diesen Vorschlag und man wollte daher in England nicht auf die Ausführung eingehn, aber dennoch geschah dieses in der Auvergne und in Westphalen, jedoch mit so gänzlich fehlschlagendem Erfolge, daß die am Ende der Leitungsröhre angebrachte Maschine gar nicht sich zu bewegen anfang<sup>2</sup>. PARIS suchte die Ursache in der Menge der Luft, die in dem langen Canale verdichtet werden müsse, was allerdings gegründet ist und sich im Voraus erwarten liefs; als er aber die Weite der

1 Phil. Trans. 1685. T. XV. p. 1093. 1254. 1274.

2 Vergl. BARLOW in Encyclopaedia metrop. Mixed Sc. T. I. p. 346.

Leitungsröhren beträchtlich verminderte und statt der Verdichtung vielmehr Verdünnung der Luft anwandte, war der Erfolg nicht besser, weswegen man auch die ganze Idee seitdem aufgegeben hat, obgleich sie theoretisch wohlbegründet ist, in der großen Geschwindigkeit, womit die atmosphärische Luft in leeren Räume dringt, eine bedeutende Unterstützung findet und das Misglücken der ersten Versuche ohne Zweifel, eben so wie zufänglich bei den Dampfmaschinen, dem Mangel an einer genauen Ausführung beizumessen ist. BARLOW<sup>1</sup> erzählt zugleich, daß später ein sehr erfahrener Ingenieur ein wohl eingerichtetes Cylindergebläse an einem kräftigen Wasserfalle erbaut und von demselben aus eine Röhre bis zu einem 1,5 engl. Meilen (743 par. Fuß) entfernten Hüttenwerke fortgeleitet habe; allein so sehr auch dafür gesorgt war, daß die hinlänglich weiten und im Innern glatten Röhren luftdicht hielten, so gaben sie doch am Ende einen so schwachen Windstrom, daß derselbe kaum ein Licht auszublasen vermochte, und was noch mehr auffallen mußte, die Zeit der Ankunft dieses Stroms, die auf 6 Sekunden berechnet war, betrug 10 Minuten<sup>2</sup>. Vermuthlich ist diese Erfahrung die nämliche, welche später unter den deutschen und französischen Physikern ein ungewöhnliches Aufsehn erregte. JOH. BAADER<sup>3</sup> erzählt nämlich, daß JOHN WILKINSON von ei-

1 A. a. O. Eben das Nämliche erzählt ROSSON in *Mechanical Philosophy*. T. III. p. 695.

2 BARLOW folgert hieraus, daß die bloße Theorie beim Maschinenwesen unzureichend sey und die praktische Erfahrung durchaus dabei zu Rathe gezogen werden müsse. Allein was theoretisch, d. h. durch Gesetze, die ohnehin auf genügenden Erfahrungen beruhen, allseitig wohl begründet ist, kann in der Anwendung nie fehlen; es kommt nur darauf an, daß alle obwaltende Bedingungen gehörig berücksichtigt worden sind, was sehr häufig nicht geschieht. Auch im vorliegenden Falle würde der erwartete Erfolg nicht ausgeblieben seyn, wenn der comprimirtten Luft durch gehörige Ventile der Rückgang abgeschnitten worden wäre, indem hierdurch der in der Röhrenleitung eingeschlossenen allmählig die erforderliche Geschwindigkeit ertheilt worden wäre, die sie dann bei fortdauernder Zusammendrückung ausgesetzt beibehalten haben würde. Vermuthlich aber trat die durch den Widerstand in der Leitungsröhre comprimirtte wieder in die Cylinder und es entstand eine bloße Oscillation statt eines fortdauernden Luftstroms.

3 Beschreibung und Theorie des englischen Cylindergebläses. München 1805. Vergl. *Journal des Mines* T. XXVI. p. 118.

ner durch Wasser getriebenen Cylindermaschine eine Leitung aus eisernen, 12 Zoll weiten Röhren geradezu nach dem Ofen geführt habe. Beim Anlassen der Maschine drang die comprimirt Luft mit großer Gewalt durch alle Fugen und hob ein stark mit Gewichten beschwertes Ventil, am Ende des langen Canals aber war an einem vor die Mündung gehaltenen Lichte nicht die geringste Luftbewegung zu verspüren. Nachdem das Ventil noch stärker beschwert war, bewegte sich das Maschinenrad stets langsamer und stand zuletzt still. Man kam daher auf die Vermuthung, der Canal müsse irgendwo zufällig verstopft worden seyn, und liefs eine lebende Katze, welcher man den Rückweg abschlofs, hindurchlaufen, die auch wirklich aus der Mündung wieder herauskam, worauf WILKINSON in die ganze Röhrenleitung von 30 zu 30 Fufs Löcher bohren liefs, aber erst in einem Abstände von nur 600 Fufs von der Maschine an kam aus diesen ein schwacher Luftstrom und nahm mit größerer Annäherung in dem Verhältnisse zu, als die Luft stärker comprimirt war. Von Busse<sup>1</sup> suchte dieses auffallende Phänomen zu erklären, obgleich ihm aus einer andern Nachricht<sup>2</sup> bekannt war, daß eine Wassertrommel durch eine Röhrenleitung von weit geringerem Durchmesser auf 200, ja 500 und selbst 1000 Lachter Länge ihre Wirkung keineswegs versagt hatte, allein LEHOT, DESORMES und CLEMENT wiesen nach, daß die ganze Erzählung nicht blofs mit der Theorie, sondern auch mit ausgemachten Erfahrungen im Widersprache stehe<sup>3</sup>. Zur directen Prüfung stand ihnen blofs eine 1380 Fufs lange und 9 Zoll weite Röhrenleitung zu Gebote, die noch obendrein nicht einmal überall luftdicht war, allein ein blofser Handblasebalg, am einen Ende angebracht, erzeugte in großer Geschwindigkeit am andern einen bedeutenden Wind, dessen größte Stärke jedoch erst einige Zeit später wahrgenommen wurde. Gegenwärtig unterliegt die Falschheit der Vorstellung von einem durch die Länge der Röhrenleitung erzeugten so bedeutenden Widerstande keinem Zweifel mehr, da man namentlich das zur Be-

1 G. XX. 404.

2 Bericht vom Bergbau. Freiberg 1798. Vergl. C. T. DELIUS Anleitung zur Bergbaukunst, Wien 1775 u. 1806.

3 Aus dem Bulletin de la Soc. Philomatique, Par. 1811, aufgenommen in G. XXXIX. 142. Die genannten Gelehrten kannten die Sache aus einer Nachricht im Journal des Mines T. XXIX.

leuchtung dienende Gas vielfach durch ungleich längere Röhren bei nur schwachem Drucke im Gasometer bereits ohne Schwierigkeit fortgeleitet hat.

17) Theoretische Untersuchungen über die Fortleitung der Luft durch lange Röhren hat vorzüglich NAVIER<sup>1</sup> gleichfalls angestellt, welche allerdings verdienen, ihrem wesentlichen Inhalte nach hier mitgetheilt zu werden, um so mehr, als sie sich zugleich über eine andere Frage, nämlich über den Einfluß der Dichtigkeit des strömenden Gases, verbreiten. So viel ist dabei schon im Voraus gewiß, daß auf gleiche Weise, als die Bewegung des Wassers in langen Röhren ein die Geschwindigkeit vermindernendes Hinderniß erleidet, dieses auch bei der Luft und den Gasarten der Fall seyn muß, da beide Arten von Flüssigkeiten bei ihren Strömungen die nämlichen Gesetze befolgen. Um diese für die letztern aufzufinden, geschehe die Strömung in einem cylindrischen Canale, wobei im ersten Querschnitte AB ein beständiger Druck = P und im letzten CD

Fig. 74. ein gleichfalls beständiger = P' wirksam ist. Heißt dann

W die Fläche eines Querschnittes der Röhre,

$\psi$  der Umfang dieses Querschnittes,

D dessen Durchmesser,

x der Abstand M $\mu$  eines Querschnitts vom Anfange M,

$\lambda$  die ganze Röhrenlänge MN,

u die Strömungsgeschwindigkeit in einem beliebigen Querschnitte  $\alpha\beta$ ,

U die Ausflusgeschwindigkeit am Ende CD,

$\beta$  ein aus der Erfahrung zu entnehmender Coefficient, um diese mit der Theorie in Uebereinstimmung zu bringen; wird dann ferner angenommen, daß ein Luftcylinder in  $\alpha\beta$  in seiner Bewegung gehindert wird durch eine Kraft, welche der Dichtigkeit  $\rho$ , dem Elemente der Fläche  $\psi dx$  und dem Quadrate der Geschwindigkeit =  $u^2$  proportional ist, so ist für einen Druck = p im Querschnitte  $\alpha\beta$  nach der oben mitgetheilten Gleichung (5)

$$-W dp = \rho \psi dx \cdot \beta u^2 + \rho W dx \frac{du}{dt}$$

und für  $p = k\rho$  gesetzt

$$-k \frac{dp}{p} = \frac{\psi}{W} dx \cdot \beta u^2 + dx \frac{du}{dt} \quad . . . . . (14)$$

1 Mém. de l'Acad. Roy. de l'Institut de France. T. IX. p. 355 &c.

Da der Querschnitt der Röhre unveränderlich ist, so wird nach der Gleichung (6) hier  $u = \frac{P' U'}{P}$ ;  $\frac{du}{dt} = - \frac{P' U}{P} \cdot \frac{dp \cdot dx}{dx \cdot dt}$ .

Wenn man diese Werthe substituirt und  $dx = u dt$  und  $\frac{\psi}{W} = \frac{4}{D}$  setzt, so erhält man

$$-k p dp = \frac{4}{D} dx \cdot \beta P'^2 U^2 - P'^2 U^2 \frac{dp}{P},$$

und davon das Integral

$$-\frac{1}{2} k p^2 = \frac{4}{D} x \cdot \beta P'^2 U^2 - P'^2 U^2 \log. p + \text{Const.}$$

Hierin wird die Constante bestimmt, wenn man berücksichtigt, daß für den Querschnitt AB am Anfange der Röhre  $x = 0$  und  $p = P$  ist, wonach also

$$\frac{1}{2} k (P^2 - p^2) = \frac{4x}{D} \beta P'^2 U^2 + P'^2 U^2 \log. \frac{P}{p}$$

und, da am Ende bei CD der Röhrenleitung  $x = \lambda$  und  $p = P'$  wird,

$$\frac{1}{2} k (P^2 - P'^2) = \frac{4\lambda}{D} \beta P'^2 U^2 + P'^2 U^2 \log. \frac{P}{P'} \dots (15)$$

Hienach wird die Geschwindigkeit, womit das Gas ausströmt,

$$U = \sqrt{\frac{\frac{k}{2} \left( \frac{P^2}{P'^2} - 1 \right)}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log. \frac{P}{P'}}} \dots (16)$$

Ist die Geschwindigkeit gefunden, so ist die Masse des ausströmenden Gases ein Product aus dieser und dem Flächen-Inhalte der Ausströmungsöffnung bei einem Drucke  $= P'$ , also wenn dieselbe unter dem Drucke  $= P$  im Gasometer gemessen wird und M heisst, so ist

$$M = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{\frac{k}{2} \left( 1 - \frac{P'^2}{P^2} \right)}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log. \frac{P}{P'}}} \dots (17)$$

Wenn die Leitungsröhre sehr lang ist, folglich D sehr klein im Verhältnisse zu  $\lambda$ , so ist in (16) der eine Theil des Divisors

$\log. \frac{P}{P'}$  gegen den andern unbedeutend, kann also vernachlässigt werden, und man erhält demnach

$$U = \sqrt{\frac{kD}{8\beta\lambda} \cdot \left(\frac{P^2}{P'^2} - 1\right)} \quad \dots \quad (18)$$

für die Ausflussmenge aber

$$M = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{kD}{8\beta\lambda} \left(1 - \frac{P'^2}{P^2}\right)} \quad \dots \quad (19)$$

Durch Verbindung der Gleichungen (15) läßt sich U eliminiren, so daß

$$\frac{P^2 - p^2}{P^2 - P'^2} = \frac{\frac{4\beta x}{D} + \log \frac{P}{p}}{\frac{4\beta \lambda}{D} + \log \frac{P}{P'}} \quad \dots \quad (20)$$

wird, woraus sich der Werth von  $p$  für den Abstand  $= x$  vom Gasometer findet, dessen Werth allmählig von  $P$  bis  $P'$  abnimmt. Sind hierin  $x$  und  $\lambda$  sehr groß im Verhältnisse zu  $D$ , so daß hiergegen die Werthe von  $\log \frac{P}{p}$  und  $\log \frac{P}{P'}$  vernachlässigt werden können, so erhält man

$$\frac{P^2 - p^2}{P^2 - P'^2} = \frac{x}{\lambda}; \text{ also } p = \sqrt{P^2 - (P^2 - P'^2) \frac{x}{\lambda}} \quad \dots \quad (21)$$

18) In der Anwendung erhalten die hier aufgestellten Sätze meistens eine Abänderung, welche namentlich bei den Leitungsröhren des Leuchtgases in Betracht kommt. Diese laufen nämlich in der Regel mit geringer Weite aus einem großen Gasometer aus und endigen nach einer langen Strecke in eine enge Mündung, aus welcher die Ausströmung statt findet. In Fig. 75. dann AB ein Stück von der Fläche des Gasometers, so wird das Gas, wenn es den nämlichen Gesetzen als Wasser unterliegt, von der Einströmungsöffnung EF an bei ef eine Zusammenziehung erleiden. DANIEL BERNOULLI, DE BORDA und NAVIER, welche dieses annehmen und zugleich durch den Ausdruck *lebendige Kraft eines Körpers* das Product seiner Masse in das Quadrat seiner erlangten Geschwindigkeit, durch *lebendige Kraft eines Systems* die Summe aller dieser Producte für die gesammten zum Systeme gehörigen materiellen Punkte, durch *Moment einer Kraft* (*quantité d'action imprimée par une force*) das Integral des Productes eines Zugs oder Drucks, welche durch eine Kraft erzeugt werden, in das Element des Raums, welchen der Angriffspunct in der Richtung der Kraft durchläuft, bezeichnen, bringen dann die Gesetze über das Ausströmen elastischer Flüssigkeiten auf das Princip von der Erhaltung der lebendigen

Kräfte zurück. Dabei darf aber nicht übersehen werden, daß dieses Princip, welches darin besteht, daß die lebendige Kraft eines Systems in einer gegebenen Zeit um eine GröÙe wächst, welche dem doppelten Momente der Kraft gleich ist, nur insofern auf elastische Flüssigkeiten eine Anwendung leidet, als man nicht bloß die äußern Kräfte, sondern auch diejenigen berücksichtigt, welche im Innern sich auf die einzelnen Theile des Systems wirksam zeigen. Werden dann die angegebenen Bezeichnungen beibehalten und nennt man irgend einen Querschnitt  $\alpha\beta$  der Röhrenleitung  $= w$ , so ist nach Verfluß der Zeit  $t$  die lebendige Kraft der Gasart in diesem Querschnitte  $= \rho w dx \cdot u^2$ , welche in dem Elemente der Zeit  $dt$  um das Differential der Geschwindigkeit wächst und also  $= \rho w \cdot dx \cdot 2u du$  wird, wonach man also für die Zunahme der lebendigen Kraft der Bewegung der elastischen Flüssigkeit in diesem Zeitelemente erhält

$$\int \rho w \cdot dx \cdot 2u du,$$

welches Integral von dem Flächenschnitte AB bis zu dem CD oder für  $x = 0$  bis  $x = MN$  genommen werden kann. Zugleich aber ist die elastische Flüssigkeit in diesem Querschnitte dem wechselseitigen Einflusse der elastischen Flüssigkeit in andern Querschnitten unterworfen, welcher ihr mit einer Kraft  $= w dp$  entgegenwirkt, und da sie in dem Elemente der Zeit  $dt$  den Raum  $u dt$  durchläuft, so ist das ihr durch jenen Einfluß ertheilte Moment der Kraft  $= - w dp \cdot u dt$ , und die Summe aller dieser Gegenwirkungen wird gegeben durch das Integral

$$\int w \cdot dp \cdot u dt,$$

welches für die nämlichen Grenzen, wie das obere, zu nehmen ist. Hieraus folgt also die Gleichung

$$-2 \int w dp \cdot u dt = \int \rho w \cdot dx \cdot 2u du \quad \dots (22)$$

Wird dann der Querschnitt EF, worin der Druck der Flüssigkeit  $= P$  ist, durch  $W$  und der Querschnitt CD, worin derselbe nur noch  $= P'$  ist, durch  $W'$  bezeichnet und angenommen, daß der in ef zusammengezogene Gaszylinder sich plötzlich bis GH ausdehnt, wobei der Druck in ef durch  $B$ , in GH durch  $B'$  zu bezeichnen ist, heißt endlich der Druck zunächst

vor der Mündung des Rohrs  $P''$ , so folgt, daß erstlich wegen des Verlustes an lebendiger Kraft bei der Ausdehnung von  $e$  f nach  $GH$  zum zweiten Gliede der vorstehenden Gleichung (22) gesetzt werden muß

$$\frac{P'}{k} W' \cdot U dt \cdot U^2 \left( \frac{P' W'}{B \cdot n w} - \frac{P' W'}{B' w} \right)^2,$$

worin  $n w$  die Fläche des Querschnitts durch  $e$  f bezeichnet, und daß zweitens für das Moment der Kraft, welches in jedem Querschnitte der Röhre durch die Reibung an den Wänden oder durch die Adhäsion an denselben der Geschwindigkeit der Bewegung entgegenwirkt, zum ersten Gliede dieser Gleichung hinzugesetzt werden muß

$$- 2 \int \frac{P}{k} \psi dx \cdot \beta u^2 \cdot u dt.$$

Auf diese Weise erhält man nach der Multiplication mit  $k$  und Division durch 2 die Gleichung für die Bewegung der elastischen Flüssigkeiten

$$\begin{aligned} - k \int w dp \cdot u dt = \\ \int p \psi dx \cdot \beta u^2 \cdot u dt + \int p w \cdot dx \cdot u du \\ + P' W' U dt \cdot \frac{U}{2} \left( \frac{P' W'}{B n w} - \frac{P' W'}{B' w} \right)^2 \end{aligned}$$

und wenn man alle Glieder durch die gleichen Factoren  $p w u dt$  und  $P' W' U dt$  dividirt, wobei zugleich zu berücksichtigen ist, daß das Element des Raums  $dx$  in dem Elemente der Zeit  $dt$  mit der Geschwindigkeit  $u$  zurückgelegt wird,

$$\begin{aligned} - k \int^d p = \int \frac{\psi}{w} dx \cdot \beta u^2 + \int u du \\ + \frac{U^2}{2} \left( \frac{P' W'}{B n w} - \frac{P' W'}{B' w} \right) \dots (23) \end{aligned}$$

Das Integral von  $-\frac{dp}{p}$  muß vom Querschnitte  $AB$  bis  $n$

$CD$  genommen werden und ist dann  $\log. \frac{P}{P'}$ ; das Integral von  $u du$  für eben diese Grenzen genommen wird dann  $\frac{U^2}{2} \left( 1 - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2} \right)$ . Das Integral  $\int \frac{\psi}{w} dx \cdot \beta u^2$  läßt sich zurückführen auf das Integral

$$\int \frac{\psi}{w} dx \cdot \beta \cdot \frac{P'^2 W'^2 U^2}{P^2 w^2},$$



ist ferner für die ganze Länge der Röhre zu nehmen, also von  $x = 0$  bis  $x = \lambda$ , und da hiernach die Werthe von  $\psi$  und  $w$  als beständig zu betrachten sind, während  $p$  veränderlich ist und zwischen den Querschnitten GH und IK von der GröÙe  $B'$  zur GröÙe  $P''$  übergeht, so kennt man zwar das Gesetz dieser Veränderung nicht genau, kann sich aber sicher von der Wahrheit nicht weit entfernen, wenn man  $p$  so nimmt, als es in der Gleichung (21) gefunden wurde, wonach dann unter den hier gegebenen Bedingungen und nach den gewählten Bezeichnungen

$$p = \sqrt{B'^2 - (B'^2 - P''^2) \frac{x}{\lambda}}$$

ist, so daß also jenes Integral in folgendes verwandelt wird:

$$\int \frac{\psi}{w} \cdot \frac{dx}{B'^2 - (B'^2 - P''^2) \frac{x}{\lambda}} \cdot \frac{\beta P'^2 W'^2 U^2}{w^2},$$

wofür das Integral innerhalb der bereits angegebenen Grenzen ist

$$\frac{\beta \lambda \psi}{w} \cdot \frac{P'^2 W'^2 U^2}{(B'^2 - P''^2) w^2} \cdot 2 \log. \frac{B'}{P''}.$$

Demnach wird das vollständige Integral der Gleichung:

$$2k \cdot \log. \frac{P}{P'} = U^2 \left[ \frac{2\beta \lambda \psi}{w} \cdot \frac{P'^2 W'^2}{(B'^2 - P''^2) w^2} \cdot 2 \log. \frac{B'}{P''} + 1 - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2} + \left( \frac{P' W'}{B \cdot n w} - \frac{P' W'}{B' w} \right)^2 \right] \quad (24)$$

Nach dieser Gleichung könnte die Geschwindigkeit des Ausflusses  $= U$  gefunden werden, wenn die Pressungen  $B$ ,  $B'$  und  $P''$  bekannt wären, die in den Querschnitten ef, GH und IK statt finden. Um sie zu bestimmen, läßt sich annehmen, daß die Pressung im Raume EefF durch die Gleichung (23) gegeben ist, wenn man im zweiten Gliede den Ausdruck wegläßt, welcher die Wirkung der Adhäsion an den Wänden und den Verlust der lebendigen Kraft, welcher im Flächenschnitte ef eintritt, und die Integrale von der Fläche AB an bis zu demjenigen Querschnitte nimmt, für welchen die Pressung berechnet werden soll. Wird hierfür die Bezeichnung  $w$  beibehalten, so erhält man

$$2k \log. \frac{P}{P'} = U^2 \left( \frac{P'^2 W'^2}{P^2 w^2} - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2} \right) \quad (25)$$

Für den Zwischenraum zwischen GH und CD gilt die Gleichung

chung (24), wenn man die Integrale von der Fläche AB bis zum Querschnitte  $\alpha\beta$  nimmt, für welchen man den Druck berechnen will. Dieses giebt

$$2k \log. \frac{P}{P'} = U^2 \left[ \frac{2\beta\lambda\psi}{w} \cdot \frac{P'^2 W'^2}{(B'^2 - P'^2) w^2} \log. \frac{B'^2}{B'^2 - (B'^2 - P'^2) \frac{x}{l}} \right. \\ \left. + \frac{P'^2 W'^2}{P'^2 w^2} - \frac{P'^2 W'^2}{P'^2 W'^2} + \left( \frac{P' W'}{B' n w} - \frac{P' W'}{B' w} \right)^2 \right] \quad (26)$$

Die Gleichung (25) giebt den Druck im Querschnitte ef, wenn man statt der dort angenommenen Fläche = w die hierin vorhandene = n w setzt, wonach man mit Rücksicht darauf, daß daselbst der Druck durch B bezeichnet ist, erhält

$$2k \log. \frac{P}{B} = U^2 \left( \frac{P'^2 W'^2}{B'^2 n^2 w^2} - \frac{P'^2 W'^2}{P'^2 W'^2} \right) \quad (27)$$

Ebenso erhält man aus der Gleichung (26), wenn man darin  $x = 0$  setzt, für den Druck  $B'$  im Querschnitte GH, und wenn  $x = l$  gesetzt wird, für den Druck =  $P''$  im Querschnitte lK die beiden neuen Gleichungen:

$$2k \log. \frac{P}{B'} = U^2 \left[ \frac{P'^2 W'^2}{B'^2 w^2} - \frac{P'^2 W'^2}{P'^2 W'^2} + \left( \frac{P' W'}{B' n w} - \frac{P' W'}{B' w} \right)^2 \right] \quad (28)$$

$$2k \log. \frac{P}{P''} = U^2 \left[ \frac{2\beta\lambda\psi}{w} \cdot \frac{P'^2 W'^2}{(B'^2 - P'^2) w^2} \log. \frac{B'}{P''} \right. \\ \left. + \frac{P'^2 W'^2}{P''^2 w^2} - \frac{P'^2 W'^2}{P'^2 W'^2} + \left( \frac{P' W'}{B' n w} - \frac{P' W'}{B' w} \right)^2 \right] \quad (29)$$

Aus diesen Gleichungen (24), (27), (28) und (29) können die vier unbekannten Größen U, B, B' und P' gefunden werden. Sie lassen sich etwas abkürzen, wenn man dasjenige Glied, welches  $W^2$  im Nenner hat, wegläßt, weil in der praktischen Anwendung die Fläche w sehr klein gegen W zu seyn pflegt. Ebenso ist in der Regel der innere Druck P verhältnißmäßig nur um eine Kleinigkeit größer, als der äußere P', und wenn man demnach  $P = P' (1 + e)$ ,  $B = P' (1 + b)$ ,  $B' = P' (1 + b')$  und  $P'' = P' (1 + e')$  setzt, so werden die Gleichungen (27), (28), (29) und (24) in folgende verwandelt:

$$2k (e - b) = \frac{U^2 W'^2}{w^2} \cdot \frac{1 - 2b}{n^2}; \\ 2k (e - b') = \frac{U^2 W'^2}{w^2} \left[ 1 - 2b' + \left( \frac{1}{n} - 1 \right)^2 \right. \\ \left. - 2 \left( \frac{1}{n} - 1 \right) \left( \frac{b}{n} - b' \right) \right];$$

$$2k(e - e') = \frac{U^2 W'^2}{w^2} \left[ 1 - 2e' + \left( \frac{1}{n} - 1 \right)^2 - 2 \left( \frac{1}{n} - 1 \right) \left( \frac{b}{n} - b' \right) + \frac{2\beta\lambda\psi}{w} \right];$$

$$2ke = \frac{U^2 W'^2}{w^2} \left[ \frac{w^2}{W'^2} + \left( \frac{1}{n} - 1 \right)^2 - 2 \left( \frac{1}{n} - 1 \right) \left( \frac{b}{n} - b' \right) + \frac{2\beta\lambda\psi}{w} \right];$$

aus denen sich dann folgende ableiten lassen:

$$e - b = \frac{e}{\left[ \frac{2\beta\lambda\psi}{w} + \frac{w^2}{W'^2} + \left( \frac{1}{n} - 1 \right)^2 \right] n^2} \dots (30)$$

$$e - b' = e \frac{1 + \left( \frac{1}{n} - 1 \right)^2}{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + \frac{w^2}{W'^2} + \left( \frac{1}{n} - 1 \right)^2} \dots (31)$$

$$e - e' = e' \frac{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + 1 + \left( \frac{1}{n} - 1 \right)^2}{\frac{w^2}{W'^2} - 1} \dots (32)$$

$$U = \frac{w}{W'} \sqrt{\frac{2ke}{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + \frac{w^2}{W'^2} + \left( \frac{1}{n} - 1 \right)^2}} \dots (33)$$

Durch diese Gleichungen läßt sich die Geschwindigkeit des Ausströmens und die Stärke des Druckes in den verschiedenen Theilen der Röhre berechnen.

19) Auch über das Ausströmen der Luft aus längeren Röhren hat G. G. SCHMIDT<sup>1</sup> eine Reihe von Versuchen angestellt, die sehr schätzbar sind und allerdings hier erwähnt zu werden verdienen, obgleich der bescheidene Physiker die ganze Arbeit nicht als ein vollendetes Ganzes betrachtet wissen will, was jedoch nur in der verhältnißmäßigen Kleinheit der gebrauchten Apparate und nicht in der Mangelhaftigkeit des Experimentirens gegründet ist. Es wurde hierzu der mehrerwähnte Cylindraparaparat benutzt, indem die Ausflußöffnung desselben eine Verlängerung durch eine anfangs mehrere Fuß lange, allmählig aber stets mehr verkürzte Glasröhre erhielt. Bei der Berechnung der

hiermit gefundenen Ausflussmengen nahm SCHMIDT an, daß in dem Widerstande, welchen die Luft beim Ausströmen durch eine kurze Ausflußröhre erleidet, noch ein neuer durch die Adhäsion in der langen hinzukomme, welche beide vereint durch die Division der theoretisch berechneten Ausflussmenge in die durch den Versuch gefundene zum Vorschein kommen mußten. Durch eine oberflächliche Vergleichung der hierbei erhaltenen Quotienten und durch die Betrachtung, daß der Widerstand in der langen Röhre eine Function der Strömungsgeschwindigkeit seyn und also mit der zunehmenden Länge gleichmäÙig abnehmen müsse, entstand die Vermuthung, daß die Verminderungen den Logarithmen der Längen proportional seyn möchten, und dieses führte zu folgender Gleichung:

$$r = \alpha \sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} \cdot \log. \frac{1}{b},$$

worin  $r$  die Verminderung des bereits für kurze Ausströmungsröhren gefundenen Coefficienten,  $\alpha$  einen aus den Versuchen erhaltenen beständigen Coefficienten,  $m$  den für eine kurze Röhre von der Länge  $b$  bereits gefundenen Widerstandscoefficienten,  $d$  den Durchmesser der Röhren in Linien und  $l$  ihre Länge in Zollen bezeichnen. Heißt dann ferner  $m'$  die Summe beider Widerstandscoefficienten, so ist

$$m' = m - \alpha \sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} \log. \frac{1}{b}.$$

Der Werth von  $\alpha$  wurde bei der Berechnung der einzelnen Versuchsreihen dadurch erhalten, daß der erste und letzte Versuch die beiden Bestimmungen von  $m$  und  $m'$  gaben, wodurch also

$$\alpha = \frac{m - m'}{\sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} \log. \frac{1}{b}}$$

seine Bestimmung erhielt. Folgende Tabelle gewährt eine Uebersicht der auf diese Weise erhaltenen Größen.

Versuchsreihe.	d in Lin.	l in Zollen.	m <sup>1</sup>	$\alpha$	m' nach	
					Vers.	Rechn.
1	0,75	37	0,56	0,2522	0,2183	0,2183
—	—	28	—	—	0,2386	0,2446
—	—	19	—	—	0,2757	0,2813
—	—	10	—	—	0,3620	0,3421
—	—	1	—	—	0,5600	0,5600
2	0,64	21	0,6065	0,2863	0,2380	0,2380
—	—	17	—	—	0,2680	0,2636
—	—	13	—	—	0,3082	0,2945
—	—	9	—	—	0,3632	0,3405
—	—	5	—	—	0,4321	0,4117
—	—	1	—	—	0,6065	0,6065
3	0,452	9,6	0,5823	0,2641	0,2210	0,2210
—	—	6,6	—	—	0,2782	0,2700
—	—	3,6	—	—	0,3438	0,3488
—	—	0,6	—	—	0,5823	0,5823
4	0,21	9,6	0,6041	0,2141	0,1670	0,1670
—	—	6,6	—	—	0,1976	0,2262
—	—	3,6	—	—	0,3090	0,3216
—	—	0,6	—	—	0,6041	0,6041

Im Allgemeinen wurden diese Versuche mit sehr engen Röhren angestellt, und aus dieser Ursache ist wahrscheinlich der Werth von m überall noch kleiner, als er oben §. 15 im Mittel festgesetzt ist<sup>2</sup>. Hiernach mußte denn auch  $\alpha$  kleiner ausfallen, und namentlich in Vers. 4., wobei die Weite des Rohres vorzüglich klein war. Wenn man diesen ausschließt, so giebt das arithmetische Mittel aus den übrigen  $\alpha = 0,2675$  und durch Einführung dieses Werthes in die Formel erhält man

$$m' = m - 0,2675 \sqrt{\left(\frac{m}{d}\right) \log. \frac{1}{b}}.$$

1 In der Beschreibung der Versuche ist der Werth von m nicht ausdrücklich bezeichnet, liegt aber unverkennbar in der gebrauchten Formel ausgedrückt, und ich setze ihn also wegen der vorausgehenden Untersuchungen über die Bestimmungen desselben mit her. Weil nämlich das Ausflußrohr stets mehr verkürzt wurde, so gab der letzte Versuch, wenn die Länge desselben nicht mehr als 1 Zoll betrug, den Werth von m unmittelbar durch die Division der theoretischen Ausflußmenge in die durch Erfahrung gefundene.

2 Nach Schumacher beträgt für kurze cylindrische Röhren der Werth von m nur 0,64, hier ist derselbe noch geringer; allein die Röhren waren überhaupt zu enge, und von 1 Zoll oder zuletzt nur 0,6 Zoll Länge verhältnismäßig gegen den Durchmesser zu lang.

SCHMIDT nimmt ferner an, dass man  $b$  allgemein  $= 1$  Zoll setzen könne, welches jedoch nur dann Anwendung leidet, wenn  $d$  nicht grösser als etwa 1 Lin. ist, und sich daher für die Praxis nicht eignet. Dann wäre aber noch einfacher

$$m' = m - 0,2675 \sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} \log. 1.$$

Man könnte auch diese Formel noch dadurch abändern, dass man  $m$  allgemein  $= 0,64$  setzte, allein sie zeigt sich im Ganzen als unzulässig, weil  $m'$  für grosse Werthe von  $l = 0$  und sogar negativ wird.

20) Um die so eben mitgetheilten Sätze und selbst die in der Formel enthaltenen Zahlen bei stärkerem Drucke zu prüfen, stellte G. G. SCHMIDT noch einige Versuche mit einem *Newman'schen Gasgebläse* an. Hierbei konnte die Stärke des Drucks nicht mittelst des Manometers gemessen werden, sondern liess sich nur aus dem Rauminhalte des Gefässes und der Pumpe und der Anzahl der Kolbenstösse berechnen, was allerdings keine grosse Genauigkeit geben kann; indess zeigten die Resultate eine hinlängliche Uebereinstimmung mit der Theorie und bewiesen dadurch die Geschicklichkeit und Sorgfalt beim Experimentiren, wobei jedoch rücksichtlich einer allgemeinen Anwendbarkeit nicht zu übersehn ist, dass auch diese Versuche mit ähnlichen Röhren, als die eben erwähnten, angestellt wurden. Zur Berechnung diente die oben §. 6 mitgetheilte Bernoulli'sche Formel zur Auffindung der Zeit des Ausströmens, welche nach den von SCHMIDT gewählten Bezeichnungen die Zeit

$$t = \frac{K}{2e^2} \sqrt{\frac{d}{gb}} \cdot \log. \text{nat.} \left[ \frac{\frac{1}{2}p + n + \sqrt{(n+p)n}}{p} \right]$$

gibt, wenn  $K$  den Inhalt des Gefässes,  $\frac{1}{p}$  den Inhalt der Condensationspumpe,  $e^2$  den Flächeninhalt eines Querschnittes des Ausströmungsröhrchens,  $n$  die Zahl der Kolbenstösse,  $d$  und  $b$  die Dichtigkeit und Elasticität der äusseren Luft ausdrückt, wonach also, wenn diese Dichtigkeit als Einheit angenommen wird, die der eingeschlossenen Luft nach  $n$  Kolbenstössen  $= 1 + \frac{n}{p}$

wird und  $\frac{n}{p}$  diejenige Grösse bezeichnet, welche man sonst mittelst des Manometers misst. Endlich muss die Ausströmung so lange dauern, bis die eingeschlossene Luft keinen Ue-

Berschuß der Spannkraft mehr hat, was an sich schon schwer zu beobachten ist und noch schwieriger wird, wenn man berücksichtigt, daß das eingeschlossene Gas durch die Ausdehnung eine Abnahme seiner Temperatur erleidet, welcher Umstand diese Methode des Experimentirens für absolut genaue Resultate ungenügend macht. Auf die Vermehrung der Wärme durch die Compression wurde allerdings Rücksicht genommen, indem erst einige Zeit verstrich, ehe die Ausströmung begann, jedoch finde ich auch den Einfluß nicht erwähnt, welchen die durch den größern Druck bewirkte Erweiterung des aus elastischen Wandungen bestehenden Gefäßes äußern mußte, vorausgesetzt, daß außerdem alle Theile gehörig geschlossen und alle sonstige, die Genauigkeit beschränkende, Bedingungen vermieden wurden. Im Ganzen läßt sich diese Methode nicht empfehlen, gab aber durch die Geschicklichkeit des geübten Physikers mindestens genäherte Werthe. Die sämmtlichen angestellten 10 Versuche zeigten unter sich eine sehr genaue Uebereinstimmung, drei derselben wurden nach der Formel berechnet, um den Widerstandscoefficienten aufzufinden. Bei den beiden ersten war der Barometerstand = 27 Z. 8,7 Lin., die Temperatur = 22° R., bei den letzten = 27 Z. 9 Lin. und 24° R. Bei dem ersten war die Zahl der Kolbenstöße, also  $n = 15$ , die beobachtete Zeit des Ausströmens = 29,5 Sec., die berechnete = 11,89 Sec., mithin  $m' = \frac{11,89}{29,5} = 0,40$ . Beim zweiten Versuche war die Zahl der Kolbenstöße = 30, die beobachtete Zeit = 36 Sec., die berechnete = 13,16 Sec., mithin  $m' = \frac{13,16}{36} = 0,366$ . Beim dritten war die Zahl der Kolbenstöße = 36, die beobachtete Zeit = 39,5 Sec., die berechnete = 16,66 Sec. und also  $m' = \frac{16,66}{39,5} = 0,42$ , also im Mittel = 0,39534.

Um die im vorigen §. aufgestellte Formel auf diese Versuche anzuwenden, betrachtete SCHMIDT das kupferne Ausströmungsrohrchen als eine lange Röhre von 4,2 Z. Länge (die normale Länge als 1 Z. =  $b$  angenommen) und 0,5 Lin. Durchmesser, wonach also

$$m' = 0,64 - 0,2675 \sqrt{\frac{0,64}{0,5}} \cdot \log. 4,2$$

seyn mußte. Dieses giebt  $m' = 0,4174$ , von dem gefundenen mittleren Werthe nicht bedeutend abweichend.

20) Mit den bisherigen Untersuchungen im genauesten Zusammenhange steht die Frage, inwiefern die aufgestellten Gesetze durch die eigenthümliche Beschaffenheit der Gasarten modificirt werden, deren Beantwortung jedoch keinen bedeutenden Schwierigkeiten unterliegt. Insofern nämlich die chemischen Eigenschaften derselben auf ihr mechanisches Verhalten beim Ausströmen nicht füglich einen Einfluß haben können, folgt aus theoretischen Gründen<sup>1</sup>, die auch in den mitgetheilten Formeln sehr deutlich ausgedrückt sind, *dass die Geschwindigkeiten ihrer Strömungen im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten stehn.*

Um diesen Satz durch directe Erfahrungen zu prüfen, stellte G. G. SCHMIDT drei Versuche mit seinem oben beschriebenen Cylinderapparate an, unter denen zwei auf eine sehr directe Weise zur Entscheidung dieser Frage dienen können. Er liefs nämlich unter ganz gleichen Bedingungen eine gleich lange Zeit hindurch zuerst atmosphärische Luft und dann Wasserstoffgas, dessen spec. Gewicht  $= 0,2594$  gegen atmosphärische Luft nach directer Messung betrug, ausströmen. Die Menge der erstern betrug während 60 Secunden 204,1 Kub. Z., des letztern in gleicher Zeit 400,35 Kub. Z. Indem hierbei alle übrigen Bedingungen gleich waren, so müssen diese Mengen sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Dichtigkeiten verhalten, und wirklich ist  $\sqrt{0,2594} : \sqrt{1} = 204,1 : 400,7$  bis auf eine verschwindende Gröfse genau. Auf gleiche Weise wurde ein Versuch mit kohlen-saurem Gase angestellt, dessen spec. Gewicht jedoch nicht unmittelbar bestimmt war. Die in gleichen Zeiten ausströmenden Gasmengen verhielten sich wie 47 zu 40, und wenn man daher das specifische Gewicht der Kohlensäure  $= 1,5$  annimmt, so ist  $\sqrt{1,5} : \sqrt{1} = 47 : 38,4$  so genau, wie man von einem Versuche dieser Art erwarten kann. Hiernach ist also der Satz als begründet anzusehn, *dass die Mengen der ausströmenden Gase insgesamt den nämlichen Gesetzen unterworfen sind und sich unter übrigens ganz gleichen Bedingungen umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus ihren Dichtigkeiten verhalten.*

1 8. oben B. §. 8.



21) Eine Reihe von Versuchen, welche FARADAY<sup>1</sup> für den genannten Zweck angestellt hat, kann zwar wegen des hohen Ansehens dieses Gelehrten auf einen genügenden Grad von Genauigkeit gerechte Ansprüche machen, allein da es uns an anderweitigen hinlänglich entscheidenden und ganz vorzüglichen nicht fehlt, so scheint es mir hinreichend zu seyn, sie hier ohne nähere Berechnung nur im Allgemeinen mit der Bemerkung mitzutheilen, daß sie gleichfalls das aufgestellte Gesetz zu beweisen dienen. Aus einem gleich großen Gefäße, worin die verschiedenen Gasarten nach einander bis zum vierfachen atmosphärischen Drucke comprimirt waren, strömten diese durch das nämliche Haarröhrchen so lange aus, bis der Druck auf 1,25 des atmosphärischen herabgegangen war, und dabei wurde die Zeit vermittelt einer Secundenuhr gemessen. Letztere betrug für

Kohlensaures Gas . . 156,5 Secunden.

Öl erzeugendes Gas . 135,5 —

Kohlenoxydgas . . . 133,0 —

Atmosphärische Luft 128,0 —

Steinkohlengas . . . 100,0 —

Wasserstoffgas . . . 57,0 —

FARADAY folgerte aus diesen Versuchen und aus dem ungleichen Widerstande, welchen die Flügel eines kleinen Rädchens in verschiedenen Gasarten erleiden, daß die relativen Beweglichkeiten derselben sich umgekehrt wie die specifischen Gewichte verhalten, jedoch soll dieses wegfallen und sogar zum Entgegengesetzten übergehn, wenn der Druck sehr geringe ist. Nach einigen spätern Erfahrungen schloß derselbe<sup>2</sup>, daß das spec. Gewicht der Gase auf ihr Ausströmen durch Haarröhrchen gar keinen Einfluß habe, wie er aus dem Verhalten von kohlensaurem und öl erzeugendem Gas gefunden zu haben glaubte. Inzwischen bemerkt auch GIRARD, daß die zur Berechnung erforderlichen Bestimmungen keineswegs vollständig genug angegeben sind, um die Resultate mit gehöriger Sicherheit auf eine Theorie zurückzubringen, und ich überhebe mich daher einer weiteren Prüfung derselben.

22) Von größter Wichtigkeit sind diejenigen Versuche,

1 Journ. of Science and the Arts. T. III. p. 364. daraus in Ann. Ch. Ph. V. 298 und Schweigg. Journ. T. XXIV. p. 91.

2 Ann. Chim. Phys. X. 388.

welche ganz eigentlich im großen Maßstabe durch GINARD und GAGNIARD DE LATOUR mit Benutzung des Gasbeleuchtungsapparates am Hospital St. Louis angestellt wurden, um die Gesetze des Strömens sowohl von atmosphärischer Luft als auch von Steinkohlengas aus Oeffnungen und durch bedeutend lange Röhren zu erforschen<sup>1</sup>. Die hierzu bestimmte Gasart befand sich in einem Gasometer von bekanntem horizontalen Querschnitte, und ihre Spannung in demselben wurde durch ein Wassermanometer auf dem Deckel des herabdrückenden Behälters gemessen, welcher durch Gegengewichte so balancirt war, daß die messende Wassersäule unverändert die Höhe von 0,03383 Meter beibehielt. Das Gas strömte aus dem Behälter durch eine Röhre von 3 Z. oder 81 Millim. Durchmesser, welche 70 Centim. unter dem Boden um das Hauptgebäude in einer Länge von 623 Metern herum lief und in ungleichen Entfernungen vom Gasometer geöffnet werden konnte, um das Gas ausströmen zu lassen, während das Sinken des Behälters zur Bestimmung der ausgeflossenen Menge an einer Scale gemessen wurde. Nach Beendigung dieser Reihe von Versuchen ward das Gasometer mit atmosphärischer Luft angefüllt und die Menge derselben, welche unter ganz gleichen Bedingungen bei zunehmender Länge der Röhre in einer Minute ausströmte, gemessen. Letztere war kleiner, als beim Steinkohlengas; inzwischen werde ich die sämmtlichen Verhältnisse der aufgefundenen Größen später etwas genauer untersuchen.

Zur Vertheilung des Gases dienten Röhren aus alten zusammengeschraubten Flintenläufen, deren Durchmesser überall 7 Linien oder 0,01579 Meter betrug. Das zum Durchströmen bestimmte Gas befand sich in einem kleinern Gasometer, dessen runder Behälter nur 0,34 Meter Halbmesser hatte. Dieser wurde mit atmosphärischer Luft gefüllt, und indem auch bei ihm der bleibende Ueberschuß des innern Druckes über den atmosphärischen nach der Angabe des Wassermanometers 0,03383 Meter betrug, so ergab sich aus dem Sinken desselben die bei ungleichen Längen der Ausflußröhren stattfindende Menge der in einer Minute ausgeflossenen atmosphärischen Luft in 6 Versuchen, deren jeder drei- bis viermal wiederholt war. Auf gleiche Weise wurden demnächst 5 Versuche mit Steinkohlengas angestellt,

---

<sup>1</sup> Mémoires de l'Académie Roy. des Sc. de l'Institut de France. T. V. p. 383 oder Abth. II. p. 1 ff. Vergl. Ann. Ch. Ph. T. XVI.

um auch für dieses die nämlichen Bestimmungen zu erhalten. Zur Vergleichung und weitem Prüfung der angegebenen Resultate wurde in den Deckel des Gasbehälters, welcher aus 2 Millim. dickem Kupferblech bestand, ein rundes Loch gebohrt, dessen Durchmesser genau dem der Flintenläufe gleich war und also 7 Lin. oder 0,01579 Met. betrug, dann wurde der Behälter zuerst mit atmosphärischer Luft und nachher mit Steinkohlengas gefüllt, und wenn nach begonnener Ausströmung das Sinken desselben gleichmäfsig fort dauerte, was nach sehr kurzer Zeit eintrat, so ward die Menge der in einer Minute unter dem constanten Ueberschusse des Druckes von 0,03383 Meter des Wasserbarometers ausfliessenden Gasart gemessen.

Da die sämmtlichen durch diese Versuche gefundenen Grössen in einer demnächst mitzutheilenden tabellarischen Uebersicht enthalten sind, so übergehe ich es, sie hier einzeln anzugeben, und füge nur diejenigen Folgerungen kurz hinzu, welche GIRARD aus ihnen entlehnt. Die verminderte Ausflussmenge bei der Verlängerung der Ausflusströhren betrachtet er als eine Folge der Adhäsion an den innern Wandungen oder einer Reibung an denselben oder auch beider zusammengenommen, und weil dieses Hindernifs sich der ganzen Masse mittheilt, so mufs eine Adhäsion zwischen den concentrischen Lagen der Flüssigkeiten statt finden, indem dieselben durch die äufsern in ihrer Bewegung gehindert, durch die innern aber darin befördert werden. Die bewegenden Kräfte und die Hindernisse der Bewegung kommen sehr bald mit einander ins Gleichgewicht, so dafs die Strömungsgeschwindigkeit eine gleichbleibende wird. Um nicht für die Mittheilung der durch GIRARD angewandten Berechnungsart dieser Versuche die durch ihn gewählten Bezeichnungen umändern oder erklären zu müssen, beschränke ich mich auf die ganz gleichartige von NAVIER, und bemerke daher blofs, dafs Ersterer noch folgende drei Gesetze aufstellte:

1) Steinkohlengas und atmosphärische Luft bewegen sich unter gleichem Drucke nach den nämlichen Gesetzen und erleiden einen gleichen Widerstand, ungeachtet ihrer verschiedenen Dichtigkeiten.

2) Der Widerstand, welcher bei beiden ihrer Bewegung entgegensteht, verhält sich genau wie das Quadrat ihrer mittlern Geschwindigkeit.

3) Die Ausflussmengen beider Gase aus Röhren von hin-

länglicher Weite stehn allezeit im geraden Verhältnisse der Druckhöhen des Manometers am Gasometer und im umgekehrten quadratischen der Röhrenlängen, worin die Strömung statt findet.

23) NAVIER<sup>1</sup> meint, daß die so eben mitgetheilten Versuche nach der oben §. 18. gefundenen Formel (33) berechnet werden und dann dazu dienen können, den dort unbestimmt gelassenen Coefficienten  $\beta$  aufzufinden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß für so lange Röhren, deren Durchmesser gegen die Länge unbedeutend ist, die Querschnitte  $w$  und  $W'$  einander gleich zu setzen sind und auch  $n$  bei der langsamen Strömung in der sehr langen Röhrenleitung sich nicht merklich von 1 entfernt, wonach also die Geschwindigkeit

$$U = \sqrt{\frac{k e D}{4 \beta \lambda}}$$

ist, wenn auch  $\psi$  als zu  $W$  gehörig (§. 17) wegfällt und  $D$  den Durchmesser der Röhre bezeichnet. Setzt man in diese Formel die Weite der Röhre, desgleichen das Verhältniß des äußeren Druckes zum innern  $= \frac{P'}{P}$  und für  $e$  seinen Werth, nämlich  $\frac{P-P'}{P'}$ , so erhält man die Menge des in der Zeiteinheit ausströmenden Gases

$$M = \frac{\pi D^2}{4} \frac{P'}{P} \sqrt{\left( \frac{k D}{4 \beta \lambda} \cdot \frac{P-P'}{P'} \right)}.$$

Diese Formel weicht von der durch GIRARD angewandten nur darin ab, daß er das Verhältniß  $\frac{P'}{P}$  vernachlässigt oder  $= 1$  genommen hat, die von ihm für  $\beta$  gefundenen Werthe müßten also noch mit  $\frac{P'^2}{P^2}$  multiplicirt werden, welches aber weniger als 0,007 beträgt. Indem dann der Werth von  $M$  aus den Dimensionen des Gasometers bekannt ist, so erhält man die durch GIRARD gefundenen Werthe von  $\beta$  in folgender Tabelle zusammengestellt.

---

<sup>1</sup> A. a. O. p. 368.

Vers.	Gasart.	Durchm. Met.	Länge. Met.	Werth von $\beta$	Mittlerer.
1	Luft	0,08121	128,8	0,005579	0,005621
2	—	—	375,8	0,005309	
3	—	—	622,8	0,005975	
4	Steinkohlengas	—	128,8	0,005516	0,005636
5	—	—	375,8	0,005539	
6	—	—	622,8	0,005854	
7	Luft	0,01579	36,91	0,003307	0,003126
8	—	—	55,91	0,002804	
9	—	—	88,06	0,002977	
10	—	—	111,24	0,003317	0,003246
11	—	—	37,53	0,003279	
12	—	—	56,84	0,002992	
13	—	—	85,06	0,002879	0,003219
14	—	—	109,04	0,003430	
15	—	—	126,58	0,003362	
16	Steinkohlengas	—	6,58	0,003486	0,003219
17	—	—	37,53	0,003182	
18	—	—	56,84	0,003032	
19	—	—	85,06	0,003067	0,003219
20	—	—	109,04	0,003503	
21	—	—	126,58	0,003314	

Hieraus ergibt sich, daß die verschiedenen Gasarten gleichen Strömungsgesetzen folgen, und daß für verschieden lange Röhren die Ausflußmengen den Quadratwurzeln aus den Längen umgekehrt proportional sind; die Verschiedenheit des Werthes von  $\beta$  für ungleiche Durchmesser ist aber zu groß und zu bleibend, als daß sie durch Beobachtungsfehler erzeugt seyn könnte. NAVIER leitet sie daher von einem Hindernisse der Strömung in den ersten Versuchsreihen ab.

24) Eine Reihe von Versuchen, welche D'AUBUISSON<sup>1</sup> bei den Hüttenwerken zu Rancié angestellt hat, ist um so schätzbarer, weil sie nicht bloß in einem großen Maßstabe gemacht, sondern auch ganz verschiedene Größen bei der Berechnung zum Grunde gelegt wurden und also die Vergleichung der erhaltenen Resultate mit den durch GIRARD gefundenen<sup>2</sup> zu einer Prüfung

1 Annales des Mines 2me Serie 2me Livr. T. XIII. Auch Ann. Ch. Ph. XXXIV. 380.

2 Bei GIRARD's Versuchen war der Druck nicht so stark, als für Gebläse erforderlich ist, und außerdem experimentirte er bloß mit Röhren, welche an den Enden ganz offen, also weder mit Oeffnungen in dünnen Blechen, noch auch mit Düsen versehen waren. D'AUBUIS-

der Theorie und der Genauigkeit beim Experimentiren dieses kann. Bei den Versuchen von d'AUBUISSON bestand das Gebläse in einer Wassertrommel, das Leitungsrohr aus Weissblech, welches überall genau luftdicht gelöthet war. Bei seinem Anfange hatte es zwei wohl abgerundete Kniee von 90 Graden, lief aber nach 80 Meter Länge in gerader Linie bis 387 Meter fort. Auf die weitem Leitungsrohren wurden Düsen gesteckt, die bei einer Länge von 0,5 Meter am Anfange 0,1 und am Ende 0,05 Meter Durchmesser hatten. An den Enden waren sie mit Ansätzen versehen, bei denen der Durchmesser der Oeffnung 0,04, 0,03, 0,02 Meter bei einer Länge von 0,065, 0,1, 0,125 Meter betrug. Die Leitungsrohre von 0,05 Meter hatte eine Düse von 0,03 Meter Durchmesser und Ansätze mit Oeffnungen von 0,02 und 0,01 Meter Durchmesser, die 0,0235 weite Leitungsrohre hatte eine Düse von 0,02 Meter Durchmesser, deren Oeffnung 0,01 Meter im Durchmesser hielt. Unmittelbar vor dem Anfange der Düse waren in die Leitungsrohren Löcher gebohrt und mit einer Mutterschraube versehen, um in diesen die Manometer anzubringen, worin meistens Quecksilber enthalten war, ausgenommen wenn dessen Höhe unter 0,01 Meter herabsank, in welchem Falle die weit empfindlichern Wassermanometer gebraucht wurden. Am wesentlichsten bei den Versuchen war die genaue Beobachtung der beiden Manometer, des einen an der Wassertrommel, des andern am Anfange der Düse, welche jedoch nicht unbedeutenden Schwierigkeiten unterlag und daher keine kleinere Fehlergrenze als von einem halben Millimeter bei jedem zuliefs, welches für den Unterschied beider ein ganzes Millimeter beträgt, jedoch macht die bis zu 1000 steigende Menge von Versuchen diese Ungewissheit wohl verschwinden.

Bei den theoretischen Untersuchungen geht d'AUBUISSON von dem Grundsatz aus, daß durch den ungleichen Stand der beiden Manometer die Hindernisse der Bewegung angezeigt werden, welche der Strömung der Gase in den Röhrenleitungen entgegenstehn, indem beide gleich hoch stehn müßten, wenn solche nicht vorhanden wären. Heißt daher der erstere H, der andere h,

---

son's Versuche können also außer ihrem absoluten Werthe noch als eine treffliche Ergänzung von diesen dienen. Aus der sehr ausführlichen, viele schätzbare Untersuchungen enthaltenden Abhandlung theile ich bloß den wesentlichen Inhalt kurz mit.

so drückt  $H - h$  diesen Widerstand aus. Um den Einfluss der Länge auf die Erzeugung dieses Widerstandes zu prüfen, wurden in Abständen von 40 zu 40 Metern Löcher in die Leitung gebohrt, und das zweite Manometer aufgeschraubt, während das erste stets dicht bei der Wassertrommel blieb. Die Beobachtung ergab folgende einander zugehörige Werthe:

Längen 1,00, 1,33, 1,67, 2,00, 2,33, 2,70, 3,05, 3,22.

Widerst. 1,00, 1,29, 1,57, 1,82, 2,16, 2,40, 2,84, 3,09.

Werden diese Größen, die ersteren als Abscissen, die letzteren als Ordinaten aufgetragen, so erhält die durch die Endpunkte gezogene Curve eine Einbeugung in der Mitte, die sich in allen Versuchen zeigte und daher in irgend einer Ursache gegründet seyn mußte, jedoch konnte diese nicht aufgefunden werden, und da die Einbeugung so gering ist, so kann man immerhin die Linie des Widerstandes als eine gerade betrachten und also diesen Widerstand den Abscissen, d. h. den Längen, direct proportional setzen.

Für die Berechnung bedient sich d'AUBUISSON der einfachen, oben §. 7 unter (4) mitgetheilten bequemen Formel, die er jedoch auf metrisches Maß und den Stand der Manometer reducirt. Bezeichnet demnach

$H$  den Stand des Manometers am Anfange der Leitung,

$h$  den Stand desselben am Ende derselben,

$b$  den Barometerstand,

$t$  die Thermometergrade nach Cels., und wird

$T = 1 + 0,004 t$ ; bezeichnet

$D$  den Durchmesser der Röhrenleitung,

$d$  den Durchmesser der Düsenöffnung und

$U$  die Geschwindigkeit des Ausströmens in einer Secunde; wird ferner das specifische Gewicht der Luft gegen Quecksilber

$= 10467 \times 0,76 \cdot \frac{T}{b + h}$  und der Coefficient der Zusammenziehung des ausströmenden Gases nach d'AUBUISSON's Versuchen  $= 0,93$  angenommen<sup>1</sup>, so ist in Metern

$$U = 0,93 \sqrt{\left( 2gh \cdot 10467 \cdot 0,76 \frac{T}{b + h} \right)}$$

1 Die bei den Versuchen gebrauchten Düsen waren mäßig konisch, die kleinere Oeffnung nach Außen, und hierfür hat d'AUBUISSON den aufgenommenen Coefficienten gefunden.

und wenn für  $g$  der bekannte Werth 9,8088 Meter gesetzt wird:

$$U = 367,4 \sqrt{h \frac{T}{b+h}}.$$

Die Geschwindigkeit nimmt nahe bei der Mündung ab im Verhältnisse von  $d^2$  zu  $D^2$ , da die Geschwindigkeiten im umgekehrten Verhältnisse der Querschnittsflächen der Röhren, also der Quadrate der Durchmesser stehn, und außerdem wachsen die Geschwindigkeiten vom Anfange bis an das Ende im umgekehrten Verhältnisse der Dichtigkeiten, welche durch  $b+h$  und  $b+H$  ausgedrückt werden können, so daß also der Ausdruck für die Geschwindigkeit, um die mittlere zu erhalten, noch mit dem Verhältnisse

$$b+h \text{ zu } b + \frac{H+h}{2}$$

multiplirt werden muß. Hiernach wurden die Geschwindigkeiten berechnet, und es ergab sich im Ganzen, daß die Widerstände den Quadraten der Geschwindigkeiten proportional sind, was auch aus anderweitigen Erfahrungen folgt. Schwerer war es, das Verhältniß der Durchmesser zum Widerstande aufzufinden, weil zu wenige Beobachtungen von gleichen Längen und Widerständen vorhanden waren, um die letzteren nebst den Durchmessern als einzige veränderliche Größen in den Gleichungen zu haben. Inzwischen ergaben sich doch folgende 10 Bestimmungen für den Coefficienten der Durchmesser: 0,91, 1,13, 0,77, 1,15, 1,09, 0,87, 1,02, 1,12, 1,33, 1,08, 0,84, 1,00, welche zwar sehr von einander abweichen, dennoch aber im Mittel 1,03 geben, und da dieser Werth von 1 nur unmerklich verschieden ist, so kann man bei ohnehin vorwaltender Wahrscheinlichkeit annehmen, daß der Widerstand im umgekehrten einfachen Verhältnisse der Durchmesser stehe.

Bezeichnet also  $\lambda$  die Länge der Röhrenleitung und setzt man ohne merkliche Abweichung  $b+h$  statt  $b + \frac{H+h}{2}$ , so hat man hiernach

$$H-h = N \frac{\lambda d^4 h T}{D^5 (b+h)},$$

worin der Coefficient  $N$  aus den Versuchen bestimmt werden muß. Das Mittel aus 400 Versuchen gab den Werth desselben  $N = 0,01606$  zwar mit bedeutenden Verschiedenheiten, aber dennoch mit geringern, als durch die berühmtesten Hydrauliker für



Wasser gefunden worden sind. Außerdem verdient noch bemerkt zu werden, *dass die Strömungsgesetze für alle Arten von Röhren, aus welchen Substanzen dieselben auch verfertigt seyn mögen, ebenso wie bei tropfbaren Flüssigkeiten, die nämlichen sind.* Wird der gefundene Werth in die Formel eingeführt, so erhält man

$$H - h = 0,016 \frac{\lambda d^4 h T}{D^5 (b + h)},$$

woraus dann

$$h = \frac{H}{0,016 \frac{\lambda d^4 T}{D^5 (b + h)} + 1}$$

folgt. Es liesse sich das  $h$  aus dem Nenner der Formel zwar wegschaffen, wodurch man eine quadratische Gleichung erhielte, allein man kann seinen Werth durch Näherung bestimmen, und ausserdem ist der Factor  $\frac{T}{b + h}$  überall so wenig verschieden, *dass man ihn als beständig annehmen darf.* Nennt man ihn  $n$ , so erhält man

$$0,016 n \frac{\lambda d^4}{D^5} + 1$$

als den Coefficienten des Widerstandes. D'AUBUISSON fand aus seinen Versuchen im Mittel  $b = 0,6802$ ,  $T = 1,045$  und  $h = 0,0223$ , setzte diese Werthe in die Gleichung für  $h$ , welche also

$$h = \frac{H}{0,0238 \frac{\lambda d^4}{D^5} + 1}$$

gab, und berechnete hiernach die Werthe von  $h$ . Die hiernach erhaltenen Werthe, verglichen mit den durch die Versuche erhaltenen, gaben bei 16 am meisten abweichenden Fällen nur eine Differenz von  $-4,2$ , welches nur  $\frac{1}{10}$ stel des Ganzen ausmacht und also sehr für die Gültigkeit der angenommenen Gesetze zeugt.

Für die praktische Anwendung ist es wohl ohne Zweifel am wichtigsten, die Menge des ausströmenden Gases zu bestimmen. Inzwischen wird diese leicht gefunden, wenn man die oben bereits bestimmte Ausflussgeschwindigkeit mit dem Flächeninhalte der Düsenöffnung multiplicirt. Setzt man also mit Beibehaltung des metrischen Mafses diese Fläche  $= \pi \frac{d^2}{4}$  und sub-

stituiert man den Werth von  $\frac{\pi}{4}$  in die oben für U gefundene Formel, so erhält man die in Kubikmetern während einer Secunde ausströmende Gasmenge

$$M = 289 d^2 \sqrt{h \cdot \frac{T}{b+h}}.$$

Für die Praxis ist es nach d'AUBUISSON genügend, statt des veränderlichen Factors  $\frac{T}{b+h}$  einen beständigen einzuführen, welcher nur zwischen 1,28 und 1,40 variirt und seine Quadratwurzel also nur zwischen 1,13 und 1,18. Hiernach würde bloß der Coefficient der Formel abgeändert, und man erhält

$$M = 334 d^2 \sqrt{h}.$$

Dieser einfache Ausdruck genügt, sobald h bekannt ist, welches sowohl den Einfluß der Längen, als auch den Durchmesser der Röhren schon einschließt; soll dagegen M auch für H und die eben bezeichneten Bedingungen gefunden werden, so ist mit Beibehaltung der in der letzten Formel angenommenen GröÙe

$$M = 2279 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^5}}}$$

in Kubikmetern, und wenn eine Röhrenleitung an ihrem Ende ganz offen, also  $d=D$  wäre, wobei dann der Widerstandscoefficient 0,93 gleichfalls wegfiele,

$$M = 2450 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}},$$

und bei Anwendung eines Wassermanometers

$$M = 664 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}}.$$

25) Um die oben mitgetheilten gehaltreichen Untersuchungen von NAVIER auch in Beziehung auf die letzteren Versuche zu vervollständigen, füge ich aus dessen Abhandlung noch Folgendes hinzu. NAVIER bezeichnet den aus dem Einflusse der Röhrenleitung entstehenden Widerstandscoefficienten durch  $\beta$  und hat die GröÙe desselben aus den Versuchen von GIRARD zu bestimmen gesucht. Um denselben auch aus den von d'AUBUISSON angestellten aufzufinden, darf man nur zu der oben mitgetheilten Formel (32) zurückgehn. Es ist dann klar, daß die durch die beiden Manometer bezeichneten GröÙen H und h keine

andern sind, als welche oben durch P und P' ausgedrückt wurden, die den Ueberschuß des Druckes am Anfange und am Ende der Röhrenleitung über den atmosphärischen = P' messen. Es stehn demnach H und h in dem nämlichen Verhältnisse, als e und e' in den oben mitgetheilten Formeln, so daß die mit (32) bezeichnete werden würde

$$H - h = h \frac{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + 1 + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2}{\frac{w^2}{W'^2} - 1},$$

wofür man in dem Falle, wenn  $\lambda$ , die Länge der Röhre, sehr groß ist gegen den Durchmesser, auch setzen kann

$$H - h = h \frac{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} \frac{W'^2}{w^2}}{1 - \frac{W'^2}{w^2}} \quad \dots \quad (34)$$

Heißt dann D der Durchmesser der Röhre (der Querschnittsfläche  $w$ ) und d der Durchmesser der Ausflusmündung (der Querschnittsfläche  $W'$ ), so erhält man aus der vorstehenden Gleichung

$$8\beta = \frac{H-h}{h} \frac{D^5}{\lambda d^4} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right) \quad \dots \quad (35)$$

Beide Gleichungen sind denen ähnlich, welche d'AUBUISSON gefunden hat, sie unterscheiden sich bloß durch den von Letzterem weggelassenen Factor  $1 - \frac{W'^2}{w^2}$  oder  $1 - \frac{d^4}{D^4}$ , welchen NAVIER deswegen für nothwendig hält, weil für eine am Ende ganz offene Röhre, wobei also  $W' = w$  wird,  $h = 0$  werden muß.

Da in den Versuchen von d'AUBUISSON konische Ausflusröhren vorhanden waren, deren Länge ihren Durchmesser mehreremale übertraf, so darf der oben durch  $m$  bezeichnete Coefficient des Widerstandes nicht fehlen. NAVIER nimmt gleichfalls an, daß dieser = 0,94 sey, und diesemnach erhält man also

$$8\beta = \frac{H-h}{h} \frac{D^5}{\lambda (0,94)^2 d^4} \left(1 - (0,94)^2 \frac{d^4}{D^4}\right)$$

oder nach d'AUBUISSON mit Weglassung des bemerkten Factors

$$8\beta = \frac{H-h}{h} \frac{D^5}{\lambda d^4},$$

woraus also folgt, daß die von diesem gefundenen Werthe denen von NAVIER erhaltenen gleichkommen, wenn man sie mit

$\frac{1}{(0,94)^2} - \frac{d^4}{D^4}$  multiplicirt. Diesemnach sind die verschiedenen Werthe von  $8\beta$  folgende

D	d	Werth von $8\beta$	
		D'AUBUISSON	NAVIER
0,10 Met.	0,05 Met.	0,0222	0,02374
	0,04 —	0,0210	0,02323
	0,03 —	0,0221	0,02483
	0,02 —	0,0200	0,02260
0,05 —	0,03 —	0,0232	0,02325
	0,02 —	0,0248	0,02743
0,0235 —	0,02 —	0,0248	0,01506

Hieraus erhält D'AUBUISSON als mittlern Werth  $8\beta = 0,0238$ , NAVIER aber findet die zuletzt erhaltene Zahl zu groß und nimmt daher im Mittel

$$8\beta = 0,02594, \text{ also } \beta = 0,00228.$$

Die bedeutenden Abweichungen von diesem Mittel erklären sich leicht aus dem Umstande, daß  $h$  überhaupt nicht groß ist und kleine Beobachtungsfehler daher den Werth von  $\beta$  bedeutend ändern. GIRARD's Beobachtungen der Luftströmung in den Röhren von kleinem Durchmesser stimmen sehr gut hiermit überein; am besten lassen sich aber diese und D'AUBUISSON's Versuche vereinigen, wenn man  $\beta = 0,00324$  setzt. Daß die von dem Erstern mit weiten Röhren angestellten Versuche nicht passen, scheint in Hindernissen zu liegen, die dabei vorwalten, jetzt aber nicht mehr aufzufinden sind.

Auch nach NAVIER gelangt man eben so leicht, als nach D'AUBUISSON, zu einem allgemeinen Ausdrucke der unter gegebenen Bedingungen ausströmenden Gasmengen, wenn man die von ihm gewählten Bezeichnungen beibehält und hiernach den durch die bisherigen Betrachtungen begründeten analytischen Ausdruck sucht. Für denjenigen Fall, wenn man den Stand des Manometers unmittelbar von der Düse kennt, hat diese Aufgabe gar keine Schwierigkeit, denn man betrachtet den Gasstrom als aus einem Gefäße unter bekanntem Drucke durch ein kurzes Rohr von cylindrischer oder konischer Gestalt ausströmend, und diese Frage ist bereits mehrmals in den mitgetheilten Untersuchungen, namentlich §. 15. für die Praxis eben so einfach als genügend beantwortet worden, wenn gleich in Beziehung auf

den numerischen Werth des Widerstandsefficienten in einige Ungewissheit bleibt, die wohl nicht gut anders als durch neue, im Großen angestellte, genaue Versuche zu beseitigen seyn möchte. Kennt man dagegen, wie meistens der Fall zu seyn pflegt, nur den Stand des Manometers da, wo die Gasart vor dem Einströmen in die Leitungsröhre condensirt ist, so muß der analytische Ausdruck außer diesem Drucke noch die Durchmesser der Leitungsröhre und des engsten Theiles des Ausflußrohrs oder der Düse und die Länge der Leitungsröhre, wenn diese ihren Durchmesser hundert und mehreremal übersteigt, enthalten. Nach den bisher durch NAVIER gebrauchten Bezeichnungen, nämlich  $P$  für den innern,  $P'$  für den äußern Druck,  $H$  den Stand des Manometers, ist  $\frac{P-P'}{P'} = \frac{H}{b}$ , wenn  $b$  den Barometerstand bezeichnet.

Gleichartigkeit der Flüssigkeiten im Manometer vorausgesetzt ist dann die Menge des in einer Sexagesimalsecunde ausströmenden Gases

$$M = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{H}{b+H} \sqrt{\frac{2k}{\frac{8\beta\lambda}{D} + \frac{D^4}{d^4} + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2} \cdot \frac{H}{b}}, \quad (36)$$

und wenn das Gas aus dem Leitungsrohre ohne Düse oder eine Oeffnung in einem dünnen Bleche ausströmt, wonach also  $D = d$  wird,

$$M = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{H}{b+H} \sqrt{\frac{2k}{\frac{8\beta\lambda}{D} + 1 + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2} \cdot \frac{H}{b}}, \quad (37)$$

und endlich für so lange Leitungsröhren, daß ihr Durchmesser gegen die Länge als unmerklich zu betrachten ist, noch einfacher

$$M = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{H}{b+H} \sqrt{\frac{kDH}{4\lambda\beta b}} \dots \dots \dots (38)$$

In diesen Formeln bedeutet  $\pi$  die bekannte Verhältniszahl des Kreises zum Durchmesser,  $H$  die Höhe des Manometers am Behälter, aus welchem das Gas in die Röhre strömt,  $b$  die Länge oder Höhe der Flüssigkeitssäule im Barometer, wobei sich von selbst versteht, daß beide in dem nämlichen Maße ausgedrückt werden, womit auch die Länge  $= \lambda$  und der Kubikinhalt der ausströmenden Gasmenge  $= M$  gemessen wird;  $k$  drückt die Höhe einer Säule der ausströmenden Gasart aus, welche der Flüssigkeitssäule im Barometer  $= b$  das Gleichgewicht hält, und wird gefunden aus der Gleichung

$$k = 2gl\eta(1 + 0,00375t)\frac{B}{b},$$

worin  $g$  den Fallraum in einer Secunde,  $l$  die in gleichem Maße gemessene Flüssigkeit im Barometer,  $\eta$  das spec. Gewicht dieser Flüssigkeit gegen die ausströmende Gasart,  $B$  den Barometerstand bei der Bestimmung dieses spec. Gewichts,  $b$  den Barometerstand zur Zeit des Ausströmens und  $t$  die Grade des hunderttheiligen Thermometers bezeichnen;  $\beta$  ist ein beständiger Coefficient, dessen numerischen Werth NAVIER = 0,00324 bei der Anwendung des metrischen Maßes gefunden hat;  $D$  ist der Durchmesser der Röhre und  $d$  der kleinste Durchmesser der Düsenöffnung oder der Mündung, aus welcher das Gas anströmt<sup>1</sup>.

26) Unter den bisher mitgetheilten Versuchen sind wohl die durch G. G. SCHMIDT angestellten wegen des zu geringen Durchmessers der gebrauchten Röhren für die praktische Anwendung nicht geeignet, desto schätzbarer dagegen sind die von GIRARD, und da sie nicht bloß in einem sehr großen Maßstabe ausgeführt wurden, sondern auch durch die nicht minder bedeutenden von D'AUBUISSON in den wesentlichsten Stücken eine Bestätigung erhalten haben, so dürfen sie um so mehr für pneumatisch-technische Anlagen zur Norm dienen, als allen solchen Versuchen unglaubliche Schwierigkeiten entgegenstehn und also nicht leicht eine Wiederholung derselben unter gleich günstigen Bedingungen zu erwarten ist, obgleich NAVIER nicht ohne Grund den Wunsch ausspricht, daß durch abermals wiederholte die Theorie vollkommen mit der Erfahrung in Einklang kommen möge. Um daher auf der einen Seite die praktische Anwendung der durch diese Versuchsreihen erhaltenen Resultate zu erleichtern, auf der andern aber eine möglichst bequeme Uebersicht zu geben, bis zu welchem Grade der Genauigkeit man durch die einfachsten Betrachtungen zu gelangen hoffen darf, habe ich nach der von D'AUBUISSON angegebenen sehr bequemen Formel die theoretischen Ausflussmengen berechnet und mit den durch Erfahrung gefundenen

---

<sup>1</sup> Den Fall, daß eine Röhrenleitung aus einzelnen Abschnitten von ungleichen Durchmessern bestehen könnte, finde ich nirgends erwähnt. Da es hierüber an allen Erfahrungen fehlt, so würden theoretische Betrachtungen von keinem bedeutenden Nutzen seyn.

verglichen. In der hierfür gebrauchten Formel ist der durch d'AUBUISSON angenommene Widerstandcoefficient  $m = 0,93$  nicht enthalten, und es ergibt sich also aus der Zusammenstellung, welchen Werth derselbe bei langen, am Ende offenen Röhren habe. Die hierbei angewandte Gleichung ist die oben §. 24. für die Messung an einem Wasserbarometer bereits mitgetheilte<sup>1</sup>, nämlich

$$M = 664 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}}.$$

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der gegebenen und der gefundenen Größen, wobei nur noch zu bemerken ist, daß für das Steinkohlengas, dessen specifisches Gewicht GIRARD = 555 gegen Wasser = 1000 fand, die Formel mit  $\sqrt{\frac{1000}{555}}$  multiplicirt werden muß. Der Stand des Wassermanometers war in allen Versuchen = 0,03383 Meter, und die Versuche 1 bis 3, dann 17 bis 21 wurden mit Steinkohlengas, die übrigen mit atmosphärischer Luft gemacht.

Nr. d. Verf.	Querschnitt d. Gasomet.	Sinken des Gasometers.	Länge der Röhren.	Durchm. d. Röhren.	Ausflussmengen nach		$\frac{M}{M'} = m$
					Vers. = M	Rechnung = M'	
1	9,4968	0,12180	128,80	0,08121	1,156710	1,60527	0,72056
2	—	0,07103	475,80	—	0,674558	0,84413	0,79913
3	—	0,05414	622,80	—	0,514156	0,73849	0,69622
4	—	0,09023	128,80	—	0,856896	1,19590	0,71652
5	—	0,05414	475,80	—	0,514156	0,62885	0,81761
6	—	0,03947	622,80	—	0,374838	0,55016	0,68157
7	0,3631	0,09585	36,91	0,01579	0,034803	0,03656	0,93019
8	—	0,08459	55,91	—	0,030715	0,03050	1,00697
9	—	0,06541	88,06	—	0,023750	0,02429	0,97784
10	—	0,05526	111,24	—	0,020065	0,02169	0,92487
11	—	0,09475	37,53	—	0,034402	0,03711	0,92701
12	—	0,08121	56,84	—	0,029486	0,03021	0,97464
13	—	0,06767	85,06	—	0,024571	0,02478	0,99138
14	—	0,05414	109,04	—	0,019658	0,02191	0,89718
15	—	0,05075	126,58	—	0,018427	0,02011	0,91630
16	—	0,23800	6,58	—	0,086418	0,08485	1,01843
17	—	0,12858	37,53	—	0,046687	0,04981	0,93724
18	—	0,10828	56,84	—	0,039316	0,04061	0,96812
19	—	0,09587	85,06	—	0,034810	0,03327	1,04634
20	—	0,07444	109,04	—	0,027029	0,02941	0,91900
21	—	0,06940	126,58	—	0,025199	0,02699	0,93349

1 Die Formel giebt die Menge des in einer Secunde ausströ-

27) Eine bloß oberflächliche Uebersicht der hiernach erhaltenen Werthe von  $m$  könnte leicht auf den Gedanken führen, daß die Versuche überhaupt zu wenig genau seyn möchten, um eine zuverlässige Bestimmung jener GröÙe daraus zu entnehmen, indem die Abweichungen der einzelnen GröÙen bis zu einem Drittel des Ganzen reichen; eine nähere Betrachtung zeigt jedoch bald, daß die sämtlichen Versuche in zwei verschiedene Gruppen zerfallen, in deren jeder die Werthe von  $m$  so genau unter sich übereinstimmen, als bei den vielfachen Schwierigkeiten solcher Operationen billig zu erwarten ist. Die erste der beiden Gruppen begreift diejenigen Versuche, welche mit den weitem Röhren angestellt wurden, und giebt im Mittel den Werth von  $m = 0,7386$ , mithin unerwartet klein. Inzwischen haben schon NAVIER und D'AUBUISSON bei ihren Prüfungen gefunden, daß diese Versuche weder mit der Theorie noch mit andern, namentlich den durch GIRARD selbst und den durch D'AUBUISSON angestellten, übereinstimmen, weswegen sie annehmen, daß irgend ein Hinderniß die Bewegung der Luft in diesen Röhren verzögert habe. Bei der genauen Uebereinstimmung aller andern, mit so vorzüglicher Sorgfalt angestellten und ausnehmend zahlreichen Versuche muß nothwendig angenommen werden, daß gerade diese allein abweichenden mit irgend einem constanten Fehler behaftet sind, dessen Ursache allerdings wohl in einem aus dem Baue der Röhren hervorgehenden Hindernisse liegen könnte, vielleicht aber mit größerer Wahrscheinlichkeit in irgend einer unrichtigen Messung zu suchen seyn möchte. Insofern es also unmöglich ist, hierüber zur Gewißheit zu gelangen, können die übrigen unter sich sehr genau und mit den durch D'AUBUISSON angestellten bis auf unbedeutende Abweichungen übereinstimmenden Versuche, die in vorstehender Tabelle mitgetheilt sind, zur Auffindung des Werthes von  $m$  mit hinlänglicher Sicherheit benutzt werden. Hierfür erhält man im Mittel  $m = 0,957933\dots$  und wird sich von der Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man diese Zahl auf 0,96 erhöht. Hieraus ergibt sich also, daß lange, am Ende offene Röhren sehr nahe genau diejenige Menge von Gas

---

menden Gases nach Kubikmetern; weil aber die Versuche sämtlich auf Minuten reducirt sind, so ist es bequemer, der Formel den Factor 60 hinzuzusetzen.



liefern werden, die durch die Berechnung nach der angegebenen Formel gefunden wird, worin schon auf den Einfluß der Länge und des Durchmessers Rücksicht genommen worden ist, und man könnte dieselbe daher ganz ohne diesen Widerstandscoefficienten in Anwendung bringen, wenn es für die Praxis nicht besser und sicherer wäre, lieber zu wenig als zu viel durch Berechnung in Voraus zu finden.

Obgleich durch die bisherigen Untersuchungen die Aufgabe in einem solchen Grade vollständig erschöpft zu seyn scheint, daß sich sogleich die analytischen Ausdrücke für die praktische Anwendung darauf gründen ließen, so scheint es mir doch angemessener, zuvor noch einige Betrachtungen zur Vervollständigung des Ganzen hinzuzufügen.

28) Wenn eine Flüssigkeit beim Fortfließen von der geraden Richtung durch ein Hinderniß abgelenkt wird, so muß ihre Geschwindigkeit dadurch eine Verminderung erhalten, die auch beim Wasser den Erfahrungen nach keineswegs unbedeutend ist, und wonach es also wahrscheinlich wird, daß bei der genauen Uebereinstimmung zwischen den pneumatischen und den hydraulischen Erscheinungen eine gleiche Wirkung sich auch beim Strömen der Luft in Röhren zeigen müsse. Inzwischen finde ich bei keinen mir bekannt gewordenen Untersuchungen dieses Hinderniß der Bewegung berücksichtigt, außer bei den gehaltreichen, die wir dem Fleiße d'AUBUISSON's verdanken<sup>1</sup>. Als einfachstes Mittel zur Auffindung des aus der Biegung einer Röhre in irgend einem Winkel entstehenden Widerstandes mußte sich darbieten, die Röhre unmittelbar vor und hinter der Biegung mit einem Manometer zu versehen und aus dem ungleichen Stande beider die Verminderung der Geschwindigkeit anzufinden, allein die Differenz zeigte sich hierbei bald so unerwartet gering, daß man es vorzog, mehrere in kleinen Winkeln gebogene Kniee anzubringen, um hierdurch die Wirkung zu verstärken und leichter wahrnehmbar zu machen. Aber auch durch dieses Mittel ließ sich der beabsichtigte Zweck nicht erreichen, und es war unmöglich, den Widerstand auf ein allgemeines Gesetz zurückzubringen, ungeachtet die Strömungsgeschwindigkeit zur bessern Vergleichung in gleich langen, theils durchaus geraden, theils mit mehrern Knieen ver-

1 A. a. O. in Ann. des Mines. 2me Ser. T. III. p. 444.

sehenen Röhren gemessen wurde. Mit Uebergang der einzelnen aus zahlreichen Versuchen erhaltenen Resultate theile ich bloß eine Uebersicht desjenigen Widerstandes mit, welcher in Röhren von ungleichem Durchmesser und bei Anwendung von Ausflusrröhren, deren Weite gleichfalls verschieden war, durch mehrere Umbiegungen in Winkeln von 45 und 90 Graden erzeugt wurde. War nämlich die Menge der aus gleich langen geraden Röhren ausfließenden Luft in gleichen Zeiten  $= 100$ , so gaben:

Röhren von 0,05 Meter Durchmesser

		Durchmesser der Düsen		
		0,03 Met.	0,02 Met.	0,01 Met.
7 Kniee von 45°	. . . . .	75	82	99
11 — — —	. . . . .	75	86	99
15 — — —	. . . . .	73	88	99

Röhren von 0,0235 Meter Durchmesser

7 Kniee von 90°	. . . . .	73	75	99
11 — — —	. . . . .	73	83	90
15 — — —	. . . . .	73	80	90

Hieraus geht also das merkwürdige Resultat hervor, daß die Zahl der Biegungen den Widerstand nicht vermehrt, und, was für die Praxis von größter Wichtigkeit ist, daß die engeren Düsen bei verhältnißmäßig größerer Weite der Röhren durch wiederholte Biegungen selbst in kleinen Winkeln kaum ein Procent ihrer Ausflussmengen verlieren, ja sogar daß das hieraus erwachsende Hinderniß durch einige Erweiterung der Röhren in den Knieen und allmälige Krümmung derselben gänzlich vermieden wird. Wiederholte Versuche, verbunden mit theoretischen Betrachtungen, führten zwar zu keinem bestimmten und sichern Resultate, welches nur dadurch zu erhalten wäre, daß man vermittelst eines Gasometers die Ausflussmengen aus geraden und gebogenen Röhren, beide von gleicher Länge, mässe; allein dennoch glaubt d'Aubursson den Widerstand, welchen die Krümmungen erzeugen, in genähertem Werthe durch die Formel

$$r = 0,00002 u^2 S^2 \text{ Meter}$$

ausdrücken zu können, worin  $r$  den Widerstand,  $u$  die Geschwindigkeit und  $S$  die Summe der Quadrate der Sinus derjenigen Winkel, in welchen die Krümmungen gebogen sind, bezeichnen. Die Ausströmungsgeschwindigkeit  $U$  ergibt sich

aber aus der Geschwindigkeit der Strömung in der Röhre  $u$ , indem  $u = U \frac{d^2}{D^2}$  ist, und sonach wird

$$r = 0,00002 \text{ S}^2 U^2 \frac{d^4}{D^4} \text{ Meter}$$

als der einzige bisher hierfür aufgefundene, keineswegs für absolut zuverlässig ausgegebene Ausdruck.

29) Man vermeidet bei den Windleitungsröhren sorgfältig jede Verengung, weil dadurch die Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeiten ungewiss wird; da es aber nicht allezeit möglich ist, dieselben ganz zu vermeiden, namentlich wenn für einzelne Feuer an die Hauptleitungsröhren kleinere seitwärts gehende angestossen werden, so wäre es allerdings wünschenswerth, den Einfluß solcher Verengungen gleichfalls durch Versuche auszumitteln. Dieses ist aber, so viel ich weiß, weder früher geschehn, noch auch selbst durch d'AUBUISSON bei seinen ausgedehnten pneumatischen Untersuchungen. Letzterer fügt indess zur Vervollständigung des Ganzen folgende Betrachtungen hinzu.

Wenn der Widerstandscoefficient, welcher beim Ausströmen einer Gasart durch eine Oeffnung in einem dünnen Bleche die Geschwindigkeitsverminderung angiebt, durch  $m$  bezeichnet wird und die Strömung durch eine solche Oeffnung vom Durchmesser  $A$  stattfindet, so ist der Durchmesser des durchströmenden Cylinders nicht mehr  $\frac{\pi}{4} A^2$ , sondern  $\frac{\pi}{4} m A^2$ ,

und die Geschwindigkeit des Strömens wird  $U \frac{d^2}{m A^2}$ , während

sie im Rohre selbst  $= U \frac{d^2}{D^2}$  ist, wenn  $D$  den Durchmesser des

Rohrs und  $d$  den der Düse bezeichnen. Wollte man daher die frühere Ausflusgeschwindigkeit  $U$  beibehalten, so müßte die

bewegende Kraft um so viel mehr verstärkt werden, als  $U \frac{d^2}{m D^2}$

die GröÙe  $U \frac{d^2}{D^2}$  übertrifft. Hatte man also vorher die Mano-

meterhöhe  $= h$ , um die Geschwindigkeit  $U$  zu erzeugen, so bedürfte es für die verengerte Ausflußöffnung einer Höhe von

$h \frac{d^4}{m^2 A^4}$ , da die Höhen sich wie die Quadrate der Geschwin-

digkeiten verhalten und dieselbe ohne die Verengung  $h \frac{d^4}{D^4}$  seyn würde. Hiernach ist also der Ueberschuß der wegen der Verengung erforderlichen Kraft oder der zu überwindende Widerstand

$$h d^4 \left( \frac{1}{m^2 A^4} - \frac{1}{D^4} \right).$$

Entsteht der zu überwindende Widerstand durch den Eintritt der Gasart in ein eingesetztes Rohr vom Durchmesser  $D$ , so ist  $m = 0,93$  und  $A = D$ , wonach also der Widerstand durch die Verengung

$$0,156 h \frac{d^4}{D^4}$$

wird. Wenn man ferner den Werth von  $U$  aus der oben mitgetheilten Gleichung  $U = 395,4 \sqrt{h \frac{T}{b+h}}$  entwickelt und in die Gleichung für den Widerstand durch Krümmungen substituirt, so wird  $0,00002 S^2 U^2 \frac{d^4}{D^4}$  in ziemlich genähertem Wer-

the  $3,6 h S^2 \frac{d^4}{D^4}$ , also alle drei Ausdrücke für die Widerstände aus der Reibung und Adhäsion an den Röhrenwandungen, für die Verengung und für die Krümmungen zusammengenommen erhält man

$$H - h = h d^4 \left[ \frac{0,016 \lambda T}{D^5 (b+h)} + \left( \frac{1}{m A^4} - \frac{1}{D^4} \right) + 3,6 \frac{S^2}{D^4} \right].$$

Aus dieser Gleichung kann der Werth von  $h$  entwickelt und in die Gleichung

$$M = 289 d^2 \sqrt{h \frac{T}{b+h}}$$

gesetzt werden, um die Menge des ausströmenden Gases zu finden.

30) Die Uebersicht der in den beiden letzten Paragraphen untersuchten Hindernisse der Bewegung führt zu dem Resultate, daß sie in der praktischen Anwendungfüglich vernachlässigt werden können. Was nämlich den Widerstand betrifft, der durch etwaige Krümmungen hervorgebracht wird, so darf man wohl nicht erwarten, daß das Verhältniß der Düsen zu dem der Röhre kleiner als 1:2 seyn sollte, und da in diesem Falle

bei mehreren Krümmungen und selbst in kleineren Winkeln als von 90 Graden der Verlust kaum 0,01 betrug, so läßt sich auch dieser nach D'AUBUISSON'S Angabe durch einige Erweiterung und vorzügliche Glätte der Röhre in der Krümmung leicht gänzlich vermeiden<sup>1</sup>. Wenn ferner aus einer weitem Gasleitungsröhre eine angestossene engere seitwärts abläuft, so kann für den Fall, wenn große Genauigkeit verlangt wird, die Manometerhöhe  $= h$ , welche in der weitem Röhre unmittelbar vor dem Anfange der engern stattfindet, entweder gemessen oder nach den §. 24. gegebenen Formeln berechnet werden. Man betrachtet dann diesen Theil der weitem Röhre als Gasometer, setzt das hierfür gefundene  $h = H$ , und findet auf diese Weise die gesuchten Bestimmungen, wenn anders das engere Rohr noch auf eine beträchtliche Strecke fortläuft und nicht bloß als Düse zu betrachten ist. Für die praktische Anwendung ist es daher am wesentlichsten, die Mengen der aus beliebig langen und weiten Röhren in einer Secunde ausströmenden Gasarten in hinlänglich genäherten Werthen vermittelt eben so bequemer Formeln zu finden, als oben §. 15. für das Ausströmen aus dünnen Blechen und kurzen Ansatzröhren bereits gegeben worden sind. Hierfür scheinen mir aber die durch D'AUBUISSON mitgetheilten sich um so mehr zu eignen, als darin die constanten Größen nach dessen eigenen und GIBAUD'S Versuchen genügend bestimmt sind. Diesemach ist also für metrisches Maß und  $M$  in Kubikmetern ausgedrückt

1) für Röhren, welche überall von gleicher Weite fortlaufen und an den Enden weder mit einer Düse noch mit einem dünnen durchlöcheren Bleche versehen sind, und bei der Anwendung eines Quecksilbermanometers

$$M = 2450 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47D}};$$

2) bei der Anwendung eines Wassermanometers, das spec. Gewicht des Quecksilbers gegen Wasser  $= 13,6$  angenommen, also durch  $\sqrt{13,6}$  dividirt,

1 D'AUBUISSON findet es auffallend, daß die Menge der vorhandenen Krümmungen auf den Widerstand gar keinen Einfluß hat; mir scheint aber hierin ein vollständiger Beweis zu liegen, daß Krümmungen überhaupt beim Strömen der Gase kein Hinderniß geben, weil sonst ihre vermehrte Zahl nothwendig den Widerstand in einem gewissen Verhältnisse steigern müßte.

$$M = 664 \sqrt{\frac{HD^3}{\lambda + 47D}}$$

Beide Formeln geben jedoch bloß die theoretischen Ausflussmengen, ohne Rücksicht auf den Widerstand, welchen die Gasarten auch in solchen Röhren erleiden. Wenn wir aber annehmen, daß der Widerstandcoefficient hierfür aus der oben §. 26. mitgetheilten Berechnung der Versuche von GIRARD mit genügender Sicherheit gefunden worden sey, so verwandeln sich diese beide Formeln durch Einführung des dort bestimmten Werthes von  $m = 0,96$  in folgende:

3) bei Anwendung eines Quecksilbermanometers

$$M = 2352 \sqrt{\frac{HD^3}{\lambda + 47D}}$$

4) und für ein Wassermanometer

$$M = 637 \sqrt{\frac{HD^3}{\lambda + 47D}}$$

Ist die Röhre an ihrem Ende mit einer Düse, d. h. einem kurzen cylindrischen oder etwas konischen Ausflusrohr versehen, so läßt sich annehmen, daß dadurch der so eben mit in Rechnung genommene Widerstand nicht aufgehoben wird, vielmehr kommt ein neuer Widerstandcoefficient hinzu, welchen d'AUBUISSON = 0,93 gefunden hat. Durch Einführung dieses Factors verwandeln sich die beiden letzten in folgende:

5) für ein Quecksilbermanometer

$$M = 2187 \sqrt{\frac{HD^3}{\lambda + 47 \frac{D^3}{d^3}}}$$

6) für ein Wassermanometer

$$M = 592 \sqrt{\frac{HD^3}{\lambda + 47 \frac{D^3}{d^3}}}$$

worin  $d$  den kleinsten Durchmesser der Düse bezeichnet. Ist endlich das Ende des Rohrs oder auch der Düse durch ein dünnes Blech verschlossen, worin sich eine Oeffnung zum Ausströmen der Gasart befindet, dessen Durchmesser beträchtlich kleiner ist, als der der Düse oder Röhre, mindestens im Verhältnisse von 1 : 2, so erhält der Coefficient  $m$  einen andern Werth, den wir nach d'AUBUISSON füglich = 0,64 annehmen können. Wird dieser statt des in den beiden letzten Formeln aufgenommenen in die Gleichungen 3 und 4 eingeführt, so erhält man

7) für ein Quecksilbermanometer

$$M = 2145 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^5}}}$$

8) für ein Wassermanometer

$$M = 407 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^5}}}$$

worin d den Durchmesser der Oeffnung im dünnen Bleche bezeichnet.

Die hier mitgetheilten Formeln lassen sich leicht auf andere Masse reduciren, deren Verhältniß zum metrischen hinlänglich genau bestimmt ist. Größerer Bequemlichkeit wegen habe ich dieses sowohl für altparisier Fußmaße, als auch für rheinländisches vorgenommen. Diesemnach verwandeln sich die mitgetheilten acht Formeln, wenn M in par. Kubikfuß, H, D, d und  $\lambda$  in pariser Fuß genommen werden, das Meter = 443,296 par. Lin. gesetzt, in folgende:

$$1) M = 4298,7 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 D}}$$

$$2) M = 1165,6 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 D}}$$

$$3) M = 4126,75 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 D}}$$

$$4) M = 1118,87 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 D}}$$

$$5) M = 3837,88 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^5}}}$$

$$6) M = 1040,55 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^5}}}$$

$$7) M = 2641 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^5}}}$$

$$8) M = 716 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^5}}}$$

Für rheinländisches Fußmaß, den Fuß = 139,13 par. Linien und das Meter wie oben bestimmt, erhält man folgende acht Formeln:

$$1) M = 4373,2 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47D}}$$

$$2) M = 1185,86 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47D}}$$

$$3) M = 4198,27 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47D}}$$

$$4) M = 1138,42 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47D}}$$

$$5) M = 3904,4 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^2}{d^2}}}$$

$$6) M = 1058,73 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^2}{d^2}}}$$

$$7) M = 2686,89 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^2}{d^2}}}$$

$$8) M = 728,48 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47 \frac{D^2}{d^2}}}$$

Hat die Röhrenleitung eine Biegung in einem nicht großen Winkel und will man zu größerer Sicherheit auch hierfür eine Correction anbringen, so müßte man jede der gegebenen Formeln mit 0,99 multipliciren; es ist jedoch nicht wahrscheinlich, daß dieses nöthig seyn sollte, dagegen aber darf angenommen werden, daß die durch diese Formeln erreichbare Genauigkeit überall nicht bis an ein Hundertstel reicht. Dagegen ist wohl zu berücksichtigen, daß alle die angegebenen Formeln nur für atmosphärische Luft gelten und daher für jede andere Gasart mit dem Factor  $\sqrt{\frac{\pi}{\pi'}}$  multiplicirt werden müssen,

worin  $\pi$  das spec. Gewicht der atmosphärischen Luft,  $\pi'$  aber der strömenden Gasart bezeichnet; weil die Ausströmungsgeschwindigkeiten den Quadratwurzeln der Dichtigkeiten oder



spec. Gewichte der Gasarten umgekehrt proportional sind, insofern ihre Fluidität in eben diesem Verhältnisse zunimmt.

31) Die Summe der bekannten pneumatischen Erscheinungen wurde im October 1826 durch eine höchst interessante Beobachtung erweitert: Indem nämlich THOMAS und CASSETT DESORMES die Schmelzöfen zu Fourchambault besahen, wurden sie durch den dortigen Ingenieur GAITHERIE darauf aufmerksam gemacht, daß ein tannenes Bret, welches ein Arbeiter von die Mündung einer kräftig wirkenden Düse hielt, durch die anströmende Luft nicht zurückgestoßen, sondern vielmehr eingezogen wurde. Dieser überraschende Erfolg findet nur dann statt, wenn die Öffnung des Blaserohrs in einer ebenen Platte endet, und CLÉMENT überzeugete sich sofort, daß das Phänomen seinem Wesen nach kein anderes sey, als was sich nach VALENTIN's und andern Versuchen beim Ausströmen des Wassers aus konischen Öffnungen zeigt und bei der Luft nach den oben mitgetheilten Beobachtungen von SCHMIDT gleichfalls erfolgt, indem die Ausflugeschwindigkeit vermehrt wird, weil der anströmende Flüssigkeitscylinder, in der konischen Röhre, die er notwendig ausfüllen muß, einen vergrößerten Durchmesser erhält. CLÉMENT wiederholte die Erscheinung nicht bloß mit Luft, sondern auch mit Wasserdampf, und fand die Sache auch hierdurch bestätigt, HACHETTE machte einen Apparat auf gleiche Weise für Wasser ein und erhielt auch hiermit den nämlichen Effect. Am besten und einfachsten zeigt sich dieser, wenn die Mündung des Ausströmungsrohres in einer runden Platte von einem gegen zehn und mehrmals größern Durchmesser endet und man dieser Platte eine andere von gleichem Durchmesser bis auf einige Zehnthelle einer Linie nähert, in welchem Falle dann beim Ausströmen der Flüssigkeit die letztere sich der erstern nähert, mit ihr zur Berührung kommt, wieder fortgestoßen wird und in diesem Wechsel anhaltend beharrt. HACHETTE hat das Problem vollständig untersucht und davon folgende Erklärung gegeben<sup>1</sup>.

Der einfachste Apparat, dessen sich HACHETTE mit einigen außerwesentlichen Abänderungen bediente, besteht aus ei-

1 Ann. Chim. et Phys. XXXV. 34. Daraus in Poggendorff Ann. X. 265.

Fig. 76. Das Rohr AB, welche sich bei CD erweitert und durch eine Scheibe mit einem Ringe verschlossen ist. In der Mitte befindet sich ein kleines Loch E, welches durch eine Scheibe von bedeutend größtem Durchmesser CF bedeckt ist, die in die Öffnung des Ringes gelegt wird. Die letztere Scheibe kann von Papiere, Pappe, Holz, Kork oder Metall seyn; meistens wählt man Kartenpapier oder Metall, letzteres insbesondere, wenn man beabsichtigt, durch das wiederholte Losreißen und Aufschlagen der Platte einen Ton zu erzeugen, der wegen der unregelmäßigen Zeitintervalle des Aufschlages meistens rauh und undeutlich ist, sich aber dennoch durch vorsichtige Anordnung der einzelnen Theile des Apparats in einen künftlichen verwandeln läßt. Sehr gewöhnlich wird der Apparat auch auf folgende Weise construirt: Auf das meistens etwas konische, etwa 8

Fig. 77. Zoll lange und etwa 2 Lin. weite Rohr AB wird das kleine Gefäß C gesteckt, um die beim Blasen mit dem Munde sich absetzende Feuchtigkeit aufzunehmen. Aus letzterem erhebt sich das kurze 1 bis 1,5 Lin. weite Röhrchen e in verticaler Richtung und endigt in der horizontalen Scheibe ab, über welche die etwas kleinere, aber gleichfalls ganz ebene Scheibe a gedeckt ist. Damit diese nicht herabfalle und sich nur bis zu einer bestimmten Höhe erhebe, sind am Rande der erstern Scheibe 3 oder 4 kleine Streben  $\beta$ ,  $\gamma$  angebracht, die man oben umbiegen oder zwischen welche man einen Ring von Kork pressen kann; am einfachsten aber steckt man ein Stückchen Kork darauf, das sich durch seine Reibung in verschiedenen Entfernungen feststellen läßt, so daß die Scheibe a in dem Zwischenräume zwischen diesen Korkstücken und der Scheibe ab auf- und abwärts bewegt wird. In das Rohr AB kann man mit dem Munde blasen, oder das Ende A mit einem Händblasebalge versehen, oder Dampf oder selbst Wasser durch dasselbe strömen lassen, worauf dann die Scheibe a anstatt gehoben zu werden vielmehr mit Gewalt gegen die Scheibe ab drückt. Wird der Apparat umgedreht, so daß die Scheibe ab nach unten gekehrt ist, so fällt die Scheibe a nicht herab, sondern wird vielmehr aufwärts gezogen, und es entsteht durch das regelmäßige Anschlagen derselben gegen die Scheibe ab ein unterscheidbarer Ton.

Die Erklärung des Phänomens folgt aus den angegebenen Gesetzen ganz einfach. Indem nämlich die verdichtete Luft

aus dem engen Röhren strömt, breitet sie sich in dem Zwischenraume zwischen den beiden Scheiben aus, behält die Geschwindigkeit ihrer Strömung bei und kann also diesen Raum nicht mit der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft ausfüllen. Es drückt daher gegen die untere Fläche der Scheibe  $a$  eine verdünntere Luft, gegen die obere aber die atmosphärische Luft, und da die letztere eine größere Elasticität besitzt, so muß die Scheibe  $a$  mit einer gewissen Kraft gegen  $ab$  gedrückt werden. Bezeichnet also  $K$  den Flächeninhalt der Scheibe  $ab$  oder  $ay$ , die beide als gleich anzunehmen sind,  $k$  den Flächeninhalt der Oeffnung,  $p$  den Druck der Luft gegen die Fläche der Scheibe  $ay$ , welche die Mündung des Rohrs bedeckt, deren Fläche also  $= k$  ist,  $p'$  den Luftdruck gegen den übrigen Theil der Scheibe, dessen Flächeninhalt  $= K - k$  ist,  $P$  den atmosphärischen Luftdruck gegen die andere Seite der Scheibe, so erleidet die letztere, wenn man ihr eigenes Gewicht unberücksichtigt läßt, gegen die äußere Seite einen Druck  $= KP$ , welcher sie der Scheibe  $ab$  zu nähern strebt, von der andern einen Druck, welcher durch  $kp$  und  $(K - k)p'$  bezeichnet werden kann, und es muß

$KP > kp + p'(K - k)$  oder  $K(P - p') > k(p - p')$  seyn, wenn die Scheibe angedrückt werden soll. Es kommt also alles auf das Verhältniß der hierin enthaltenen Größen an. Ist  $k$  sehr klein im Verhältnisse zu  $K$ , so wird  $p$  viel größer und  $p'$  viel kleiner seyn als der atmosphärische Luftdruck  $P$ . Man kann aber  $k(p - p')$  beliebig verkleinern durch die Verminderung von  $k$ , dagegen aber  $K(P - p')$  vergrößern, wenn  $p'$  viel geringer ist als  $P$ . Der Unterschied wird um so geringer werden, je mehr  $k$  sich dem  $K$  nähert, weswegen auch die Scheiben  $a$  nicht unter eine gewisse Größe herabgehn dürfen, wenn sie angezogen werden sollen. Indem aber der atmosphärische Luftdruck im Mittel etwa 15 Pfd. gegen eine Fläche von 1 par. Quadratzoll beträgt, so folgt hieraus, daß ein geringer Unterschied des gegen die eine und die andere Seite der Scheibe stattfindenden Druckes schon eine bedeutende Pressung erzeugen muß.

HACHETTE construirte einen eigenen Apparat, um den Unterschied beider Pressungen wenigstens für einige bestimmte Größen aufzufinden. Der Luftstrom drang durch die Röhre  $B$  Fig. und die Oeffnung  $E$  in der hölzernen Scheibe  $cd$ . Die üben 78.

dieser befindliche zweite Scheibe CD war an einer Stange HH' befestigt, welche sich in der hohlen Röhre K frei bewegte und vermittelst des Stifchens a höher und niedriger gestellt werden konnte. Ein an der Stange befestigter Faden p q ging über die Scheibe R und trug am andern Ende die Waagschale P, die zum Hineinlegen verschiedener Gewichte diente, je nachdem der Abstand beider Scheiben größer oder geringer war. Beim Versuche betrug der manometrisch gemessene Luftdruck der ausströmenden Luft 0,08 Meter, der Durchmesser der Oeffnung E 22 Millimeter, der Flächeninhalt derselben 380 Quadratmillimeter, der Durchmesser der Scheibe CD 10 Centimeter. Es ergaben sich dann als einander zugehörig

Abstand der Scheiben	Unterschied der Pressungen gegen beide Oberflächen
1 Millimeter	55 Gramme
3 —	45 —
6 —	31 —
13 —	0 —

Es wurden demnächst die Abstände vergrößert und auf die Scheibe II' Gewichte gelegt, um der strömenden Luft bis zur Herstellung des Gleichgewichts entgegen zu wirken. Hierbei wurden gefunden

Abstand der Scheiben 15 Millim.	Gewicht 35 Gramme
19 —	22 —

Es ist nicht nothwendig, daß beide Scheiben gerade Flächen haben, vielmehr zeigt sich die Erscheinung auch dann, und sogar etwas verstärkt, wenn die untere Scheibe eben und die obere etwas convex ist; eine zu große Convexität entfernt sie jedoch zu weit von der untern, und ist sie concav, so zeigt sich die Wirkung überhaupt nicht. Auf eine einfache Weise läßt sich die Verschiedenheit des Luftdrucks sichtbar machen, wenn man eine Scheibe von beugsamem, auch wohl etwas benetztem Papiere über die Oeffnung und die untere Scheibe legt, indem sich dann durch die Beugungen desselben zeigt, daß der über der Oeffnung befindliche Theil nach Außen, die ihn zunächst umgebende Zone nach Innen und die äußerste wieder nach Außen gedrückt wird, um die Luft daselbst entweichen zu lassen. Ist die untere Scheibe concav und die obere ihr parallel convex, so wird die Wirkung verstärkt und zeigt sich nach den Versuchen von HACHETTE auf gleiche Weise auch beim Strömen des Wassers.

32) CLÉMENT änderte den von ihm beobachteten Versuch auf verschiedene Weise ab, um BROT, POISSON und NAVIER, die dem Nationalinstitute Bericht darüber abstaten sollten, genauer mit den Thatsachen bekannt zu machen<sup>1</sup>. Am wesentlichsten hierbei ist, daß er statt der Luft den Wasserdampf zur strömenden Flüssigkeit wählte, welcher die nämlichen Erscheinungen noch auffallender zeigt, was wohl ohne Zweifel darin seinen Grund hat, daß der mehr elastische Dampf bei der größern Ausdehnung, die er sogleich beim Ausflusse ins Freie erleidet, von seiner Temperatur bedeutend herabsinkt. Interessant ist, daß er in die feste Scheibe in einiger Entfernung von der Ausflußöffnung ein kleines Loch bohrte, aus diesem eine Glasröhre herabgehn ließ, deren anderes Ende in ein Gefäß mit gefärbtem Wasser gesenkt war, und dann beim Ausströmen des Dampfes beobachtete, daß das Wasser in dieser emporstieg, was ganz entschieden eine Verdünnung der Luft zwischen den Scheiben anzeigte. CLÉMENT ist der Meinung, für die sich unter andern auch HACHETTE, NAVIER und die übrigen genannten Berichterstatter erklären, daß das Phänomen dem zuerst von DAN. BERNOULLI<sup>2</sup>, nachher von BONATI und STRATICO<sup>3</sup>, DELANÉE<sup>4</sup>, insbesondere von VENTURI<sup>5</sup> beim Ausströmen des Wassers aus konischen Röhren beobachteten ähnlich sey. Um dieses auf eine directe Weise darzuthun, ließ CLÉMENT ein 0,25 Meter langes Rohr, dessen Querschnitte am einen Ende 1, am andern Ende 6 Quadratcentimeter betrugen, nahe am weitem Ende durchbohren, steckte in diese Oeffnung eine Glasröhre, deren unteres Ende in ein Gefäß mit Wasser herabging, und als darauf der Dampf von der engern Seite her durch das lange Rohr strömte, wurde das Wasser in der Glasröhre empor gehoben.

32) In England kannte man das angegebene Phänomen schon seit viel früherer Zeit, verfolgte es jedoch nicht bis zu seinem ganzen

1 Ann. Chim. et Phys. XXXVI. 69. Im Auszuge in Poggendorff's Ann. XV. 496.

2 Comment. Soc. Petrop. T. II.

3 Memorie di matemat. e fisica della Soc. Ital. T. V.

4 Opuscoli scelti sulle scienze e sulle Arti. Milano 1792. T. XV.

5 Recherches expérimentales sur le principe de communication latérale dans les fluides cet. par J. B. VENTURI. Par. 1797. 8.

Umfange. HAWKINS<sup>1</sup> giebt nämlich einen Apparat an, den er selbst sehr zusammengesetzt nennt, um zu zeigen, daß das Barometer bei heftigen Stürmen fallen müsse. Das Ganze besteht übrigens bloß aus zwei Barometern, deren Quecksilbergefäße luftdicht verschlossen, aber durch eine Röhre mit einander in Verbindung gesetzt sind. In den Raum über dem Quecksilber des einen Gefäßes war eine Röhre geleitet, die stark comprimirt Luft aus einer Kugel nach Oeffnung eines Hahns einströmen ließe, um durch eine etwas weitere Röhre auf der entgegengesetzten Seite wieder auszuströmen, und auf diese Weise zu zeigen, wie der Wind das Fallen des Barometers bewirke, denn wirklich sank das Quecksilber beider Barometer in diesem Versuche um 2 Zoll herab. LESLIE<sup>2</sup> erklärte nachher diese Erscheinung richtig aus der Expansion, welche die strömende Luft durch ihren Eintritt in das weitere Rohr erhalten habe, und bewies dieses mittelst eines einfachen Apparates, bei welchem die Luft durch ein engeres Rohr in einen weitem Behälter einströmte, durch ein weiteres aber wieder abfloß, und dann zugleich Wasser in einem aus dem Gefäße herabgehenden Rohre aufgesogen wurde. Diese Erklärung fand Widerpruch<sup>3</sup>, indem die Wirkung vielmehr von dem Luftzuge herrühren sollte, welcher einen Winkel mit der Axe des aufsaugenden Rohres machte. Inzwischen kennt man jetzt die Unrichtigkeit dieser Ansicht, denn die Erscheinung zeigt sich auch, wenn das aufsaugende Rohr mit der Ausflußröhre der Luft einen Winkel von 90 Graden bildet, sobald die letztere nur konisch ist, wie der angegebene, etwas abgeänderte, Apparat deutlich ergibt.

Fig. 79. Geht nämlich aus der konischen, etwa 4 Zoll langen, am einen Ende fast 1, am andern 2 Lin. weiten, Röhre a b die Glasröhre c d herab, welche umgebogen und mit dem Gefäße A versehen ist, worin sich etwas gefärbtes Wasser befindet, und wird dann Luft oder Dampf in a eingeblasen, um aus b wieder auszuströmen, so steigt das Wasser über sein statisches Niveau bei d bis e empor. Daß diese Wirkung von der konischen Erweiterung des Strömungsrohres herrühre, zeigt sich sehr bald, indem das Wasser herabsinkt, wenn der Luftstrom die entgegengesetzte Richtung erhält.

1 A Course of mechanical, optical, hydrostatical and pneumatical Experiments. p. 18.

2 Encyclop. Brit. Art. Meteorology. Supplem.

3 Edinb. Journal of Sc. Nro. 3. p. 241.

Nach einer erst später bekannt gewordenen Nachricht von P. EWART<sup>1</sup> wurde das Hauptphänomen, nämlich: daß die aus einer engen Oeffnung in einer Scheibe ausströmende Luft eine vorgehaltene Scheibe nicht fortstößt, sondern anzieht; schon durch ROBERTS zu Manchester im Jahre 1824 beobachtet, und er selbst hierdurch veranlaßt, im folgenden Jahre einige beherrschende Versuche über diesen Gegenstand anzustellen, wovon folgender einer der interessantesten ist. An eine eiserne, 0,75 Zoll weite Röhre A, die mit einem Dampfkessel in Verbindung stand, Fig. wurde eine kupferne C von 2 Zoll Weite und 9 Zoll Länge ges-<sup>80.</sup>schraubt und am andern Ende durch eine Kupferplatte verschlossen; die in der Mitte einer kreisrunden Oeffnung von 1 Linie im Durchmesser hatte. Dann wurde die kleine, an beiden Enden offene Glasröhre E am obern Theile in eine feine Spitze ausgezogen und mit dieser in den aus der Oeffnung strömenden Dampfstrom gehalten, während ihr unteres Ende in ein Gefäß mit Wasser gesenkt war. Beim Versuche stieg das Wasser in der Röhre bis zu einer Höhe von 12 Zoll. Noch eigentlicher zur Sache gehört folgende Vorrichtung. Es bezeichnet A den Quer-<sup>Fig.</sup>durchschnitt einer eisernen, 7 Zoll im Durchmesser haltenden<sup>81.</sup> Röhre, B ein Manometer, welchem gegenüber ein Loch von 0,4 Zoll Durchmesser gebohrt und mit einem konischen Rohre aus Weißblech von 5,4 Zoll Länge und 1,05 Zoll Durchmesser am äußeren Ende versehen war. Aus dieser gingen in einem Abstände von 0,5 und 2,2 Zoll von der innern Wandung der Röhre A die beiden Glasröhren E und F herab, deren untere Enden in einem Gefäße mit Quecksilber sich befanden. Als die Luft mit einer solchen Geschwindigkeit durch die Röhre A strömte, daß das Manometer 4,8 Zoll Quecksilberhöhe zeigte, stieg das Quecksilber in der Röhre E bis 2,7, in der Röhre F aber 0,4 Zoll. Den von HACHETTE gebrauchten Apparaten am nächsten kommt folgender durch EWART construirter. Auf das Ende der 4 Zoll im Durchmesser weiten Röhre A wurde die Scheibe BB' von Holz Fig. und 11,8 Zoll Durchmesser gesteckt, die in 0,9; 1,21 und 3,4<sup>82.</sup> Zoll Abstand von der innern Röhrenwandung die Glasröhren H, I und K aufnahm. Eine zweite, der ersten parallele hölzerne Scheibe DE von gleichem Durchmesser wurde in der Art mit

<sup>1</sup> Philos. Mag. and Ann. of Phil. T. V. p. 247. Daraus in Pogendorff Ann. XV. 309,

Stellschrauben versehen, daß sie bis zu jeder beliebigen Entfernung genähert werden konnte. Eine Condensationspumpe verdichtete die Luft in der Röhre A so, daß das Manometer M eine Quecksilberhöhe von 1,25 Zoll angab, und wenn dann die Scheibe CD bis auf 0,2 Zoll Abstand genähert war, so stieg das gefärbte Wasser, in welches die drei genannten Röhren mit ihren untern Enden herabgesenkt waren, in H 9,0, in I 2,0 und in K 0,5 Zoll. Aus diesem Versuche geht deutlich hervor, daß die Expansion der zwischen den beiden Scheiben strömenden Luft an Dichtigkeit um so mehr abnimmt, je näher sie der Ausströmungsöffnung des Rohres ist.

33) Es liegt sehr nahe bei der Sache, von den genannten Erscheinungen eine Anwendung auf das Schließen der Ventile, namentlich bei den Dampfkesseln, zu machen. So viel ist einmal gewiß, daß Ventile, die aus einer größern Scheibe über einer kleinen Oeffnung bestehen, bei beginnender Ausströmung des zu stark gespannten Dampfes nach den angegebenen Gesetzen mit einer sehr bedeutenden Kraft angedrückt werden müssen, wodurch sie die beabsichtigte Sicherung nicht gewähren und das Zerspringen der Dampfbehälter um so mehr herbeiführen würden, als man mit Zuversicht auf eine Verhütung desselben durch diese zu rechnen pflegt. CLÉMENT glaubte sogar, daß nach diesem Principe die Kegelventile Gefahr drohn, weil diejenige Fläche, worauf der Dampf drückt, allezeit kleiner sey als diejenige, welche den Druck der atmosphärischen Luft trägt; allein PÉCLET hat dagegen ausführlich gezeigt<sup>1</sup>, daß man bei diesen nichts zu fürchten habe, weil der Unterschied beider Flächen meistens nur 0,1 betrage und daher eine Spannung des Dampfes von 0,1 mehr als der atmosphärische Druck schon hinreiche, um das Ventil zu heben. Hierbei scheint mir jedoch der Einfluß der Seitenfläche des Ventilkagels übersehen worden zu seyn, indem auch diese angedrückt wird, sobald der ausströmende Dampf eine Verdünnung der Luft zwischen beiden einander sehr genäherten Flächen erzeugt. Es scheinen mir diese daher nicht eben einen Vorzug zu verdienen, da die beiden einander berührenden Wandungen oft durch ein zwischen ihnen befindliches Bindemittel sehr fest zusammenhängen. Wenn dagegen der Rand der Scheiben nicht beträchtlich weit über die bedeckte Ausströ-

<sup>1</sup> Annales de l'Indust. franç. T. II. p. 225.



mungsöffnung herüberraagt, so kann nicht füglich irgend eine Gefahr vorhanden seyn.

34) Eine interessante Erweiterung haben die beschriebenen Phänomene durch QUETLET<sup>1</sup> erhalten. Wenn man nach diesem einen Luftstrom senkrecht oder in schiefer Richtung gegen eine ebene Fläche bläst, so prallt derselbe nicht im Einfallswinkel zurück, sondern gleitet vielmehr an der Fläche hin, wie sich an einer Lichtflamme oder dem Ranche einer Räncherkerze zeigt, die man in den Strom bringt. Die Spitze der Lichtflamme wird nämlich in der Nähe des gegen die Ebene gerichteten Luftstromes gegen den Punkt gebogen, auf welchen man bläst, in einiger Entfernung stellt sie sich senkrecht gegen die Ebene, in noch größerer aber biegt sie sich nach entgegengesetzter Richtung und wird endlich ihr fast parallel. Die strömende Luft scheint der Ebene zu adhären und eine Schicht zu bilden, die anfangs dünn ist, weiterhin aber dicker wird. Steht auf der ersten Ebene eine zweite, die mit ihr einen rechten oder stumpfen Winkel bildet, so legt sich der Luftstrom auch an diesen an; ist der Winkel kleiner als  $90^\circ$ , so geht er in der Richtung der Kante, ist er aber größer als  $180^\circ$ , so verläßt er sie und behält die Richtung der ersten. Schiebt man eine in der Mitte durchbohrte bewegliche Papierscheibe auf die Düse eines Blasebalges und bläst man gegen eine Ebene, so biegt sich dieselbe gegen diese selbst bei einer Entfernung von 12 bis 15 Linien, ist dagegen die Scheibe fest und ihr gegenüber eine bewegliche Papierscheibe angebracht, so biegt sich diese erst bei größerer Annäherung.

Einige interessante, hiermit zusammenhängende Versuche von QUETLET erschöpfen zwar die Aufgabe nicht ganz, verdienen aber allerdings wiederholt und in größerer Ausdehnung nochmals angestellt zu werden. Es wurde nämlich eine unbiegsame Scheibe auf der Düse des Blasebalges befestigt und dann gegen eine andere, ihr parallele und in größerem Abstände, als bis wohin sich nach HACHETTER das Adhäsionsphänomen zeigt, befindliche, gleichfalls unbiegsame geblasen. Wurde die eine und die andere von beiden abwechselnd mit feinem Sande bestreut, so lagerte sich dieser in ungleich weiten concentrischen Kreisen so, daß man daraus auf entgegengesetzte Strömungen

<sup>1</sup> Correspondance astronomique et physique. T. III. p. 92. Daraus in Poggendorff's Ann. XVI. 183.

zwischen beiden Scheiben schließen mußte. Eben diese wurden angedeutet, wenn man Flaumfedern zwischen beide Scheiben brachte.

35) Die Bewegungsgesetze der strömenden Gas und hauptsächlich der atmosphärischen Luft kommen endlich vorzugsweise in Anwendung bei der sogenannten Ventilation. Diese besteht im Allgemeinen in solchen Vorrichtungen, vermöge deren die Luft aus Räumen entweicht, um durch andere gleichzeitig einströmende ersetzt zu werden, und dient hauptsächlich zur Fortschaffung der zu sehr erwärmten, übermäßig feuchten, und der mit Miasmen oder ungesunden Ausdünstungen, auch übelriechenden Stoffen verunreinigten Luft, an deren Stelle man kühlere, trocknere und reine einströmen läßt. Der Zufluß und Abfluß findet hierbei entweder durch offene Canäle statt, oder letztere sind mit sogenannten Ventilatoren versehen, welche die Strömung reguliren und zugleich befördern. Wenn man hierbei bloß die Strömung der Luft berücksichtigt, so folgt diese gänzlich den bereits ausführlich erörterten Gesetzen, und es handelt sich daher zunächst um den Einfluß, welchen die Ventilatoren ausüben, indem sie durch den Luftstrom in Bewegung gesetzt werden und zuweilen denselben ganz eigentl. hervorbringen, welches alles jedoch am besten einem eigenen Artikel vorbehalten bleibt.

### C. Untersuchung der Kraft, welche bewegte expansible Flüssigkeiten ausüben.

Die expansibeln oder elastischen Flüssigkeiten, welche den Gesetzen der Schwere unterworfen sind und aus einer gewissen, wenn gleich verhältnißmäßig geringen, Masse bestehen, müssen bei ihrer Bewegung nothwendig eine Kraft ausüben, die wir als eine Function dieser beiden angegebenen Bedingungen zu betrachten haben, oder, was einerlei ist, die allgemeinen mechanischen Gesetze, die aus dem Verhalten fester und tropfbarflüssiger Körper entnommen werden, müssen auf eine ähnliche Weise sich auch auf die expansibeln Flüssigkeiten anwenden lassen. Daß wir die hierher gehörigen Erscheinungen nicht auf gleiche Weise leicht und allgemein bei den letztern wahrnehmen, als bei den erstern, hat bloß darin seinen Grund, daß die Gasarten bei der

am meisten vorkommenden mittlern Dichtigkeit derselben verhältnißmäßig zu wenig Masse haben oder zu dünn sind. Inzwischen lassen sich die gesammten hierher gehörigen Erscheinungen leicht unter drei Hauptclassen ordnen, die jedoch wegen ihres Umfanges und rücksichtlich ihrer speciellen Anwendung eben so vielen eigenthümlichen Artikeln vorzubehalten sind:

1) Wenn zwei Körper bei ihrer Bewegung einander treffen oder sich stoßen, was allezeit statt finden muß, wenn ihre Bahn eine gemeinschaftliche und ihre Richtung entgegengesetzt ist oder bei der Verlängerung als in eine solche übergehend betrachtet werden kann, so ist es nach den allgemeinen hierüber bestehenden Gesetzen für die mathematische Construction gleichgültig, welcher von beiden Körpern als ruhend und welcher als bewegt angenommen wird<sup>1</sup>. Es kommt wohl, wasser beim Einstürmen in leere oder mit sehr dünnen Gasen erfüllte Räume, sehr selten oder im strengsten Sinne vielleicht niemals vor, daß zwei Massen expansibler Flüssigkeiten ganz eigentlich in ihrer Bewegung einander stoßen, sehr häufig dagegen findet ein solcher Stofs elastischer Flüssigkeiten gegen tropfbare und noch häufiger gegen feste Körper statt. Nach dem Vorausgehenden müßte es also gleichgültig seyn, ob man sich die letztern als bewegt und die erstern als ruhend denkt, oder umgekehrt. Beim Stosse gegen tropfbare Flüssigkeiten dürfte es in hohem Grade unbequem und für die Praxis ganz unnütz seyn, die letztern als bewegt und die expansibeln Flüssigkeiten als ruhend zu denken, keineswegs ist dieses aber der Fall in Beziehung auf feste Körper, indem hiernach vielmehr beide Classen von Erscheinungen, nämlich der Stofs der expansibeln Flüssigkeiten gegen feste Körper und die Bewegung der letztern gegen die erstern, sich auf die nämlichen allgemeinen Gesetze zurückbringen lassen. Wenn demnach feste Körper gegen elastisch flüssige bewegt werden, so müssen sie diese fortstoßen, ihnen einen Theil ihrer Geschwindigkeit abgeben und dadurch selbst verzögert werden. Alle hierauf beruhende Erscheinungen faßt man in einer gemeinschaftlichen Untersuchung zusammen, welche vom Widerstande des Mittel handelt und in den meisten, namentlich englischen, Werken einen Theil der Pneumatik ausmacht. Es beruhen indess die Gesetze des Widerstandes, welchen die Flüssigkeiten überhaupt

1 Vergl. Bd. I. S. 917.

leisten, auf den nämlichen Gesetzen, und da diese durch das stete Fließen an den Ort, woraus sie durch die Bewegung des festen Körpers verdrängt worden sind, vielfache Modificationen erleiden und sehr bedeutenden Schwierigkeiten unterliegen, so verweise ich diese ganze Untersuchung auf einen eigenen Artikel<sup>1</sup>.

2) Die Geschwindigkeit, womit die Luft oder irgend eine sonstige elastische Flüssigkeit sowohl aus einer Oeffnung strömt, als auch in einer Röhre fortfließt, steht nach den vorausgehenden Untersuchungen im geraden Verhältnisse ihrer Elasticität und im umgekehrten ihrer Dichtigkeit. Das letztere Gesetz gründet sich darauf, daß die Fluidität der expansiblen Flüssigkeiten zunimmt, je dünner sie sind, insofern dann in gleichen Zeiten weniger Masse aus einer gegebenen Oeffnung strömt; das erstere folgt daraus, daß die stärkere Zusammendrückung als Folge höherer, auf die untern Schichten drückender Luftsäulen betrachtet werden kann, wonach also die Ausströmungsgeschwindigkeiten, ebenso wie die Fallgeschwindigkeiten, den Quadratwurzeln aus den Höhen und demnach auch aus den Pressungen proportional seyn müssen. Wenn man also auf die durch den stärkern Druck vermehrte Dichtigkeit Rücksicht nimmt, so läßt sich die Geschwindigkeit der Bewegung gasförmiger Körper in Oeffnungen oder Röhren aus den mitgetheilten Untersuchungen leicht finden, und es folgt dann zugleich, daß sie die in ihrer Bahn liegenden Körper fortstoßen und ihnen eine Geschwindigkeit ertheilen werden, die eine Function ihrer eigenen Geschwindigkeit und des Verhältnisses der Massen beider seyn muß. Zunächst und am meisten kommt dieses in Betrachtung bei den Windbüchsen und überhaupt bei allen durch die Wirkung eines elastischen Fluidums fortgeschleuderten Körpern. Im Artikel BALLISTIK ist hiervon bereits im Allgemeinen die Rede gewesen, die nähere Untersuchung verspare ich aber für den Artikel *Windbüchse*.

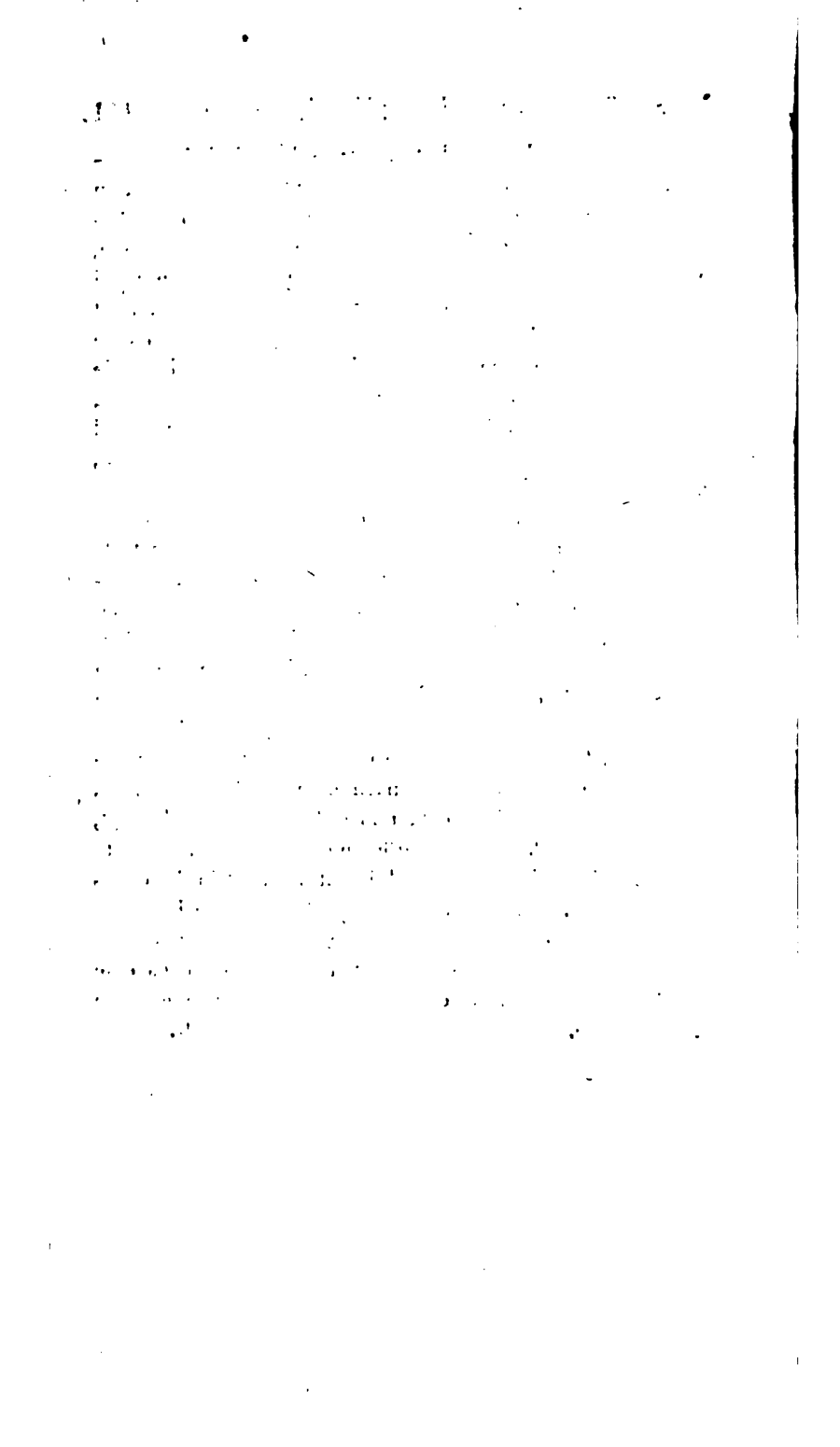
3) So wie die eben bezeichneten Untersuchungen sich zunächst an diejenigen anreihen, welche oben unter B. vereinigt worden sind, eben so giebt es eine Menge Anwendungen derjenigen Betrachtungen, die unter A. angestellt wurden. Die frei strömende Luft nämlich stößt gegen diejenigen Körper, gegen die sie sich bewegt, und übt dabei eine Kraft aus, welche nach allgemeinen mechanischen Gesetzen diesem Stoffe zukommt, also dem Pro-

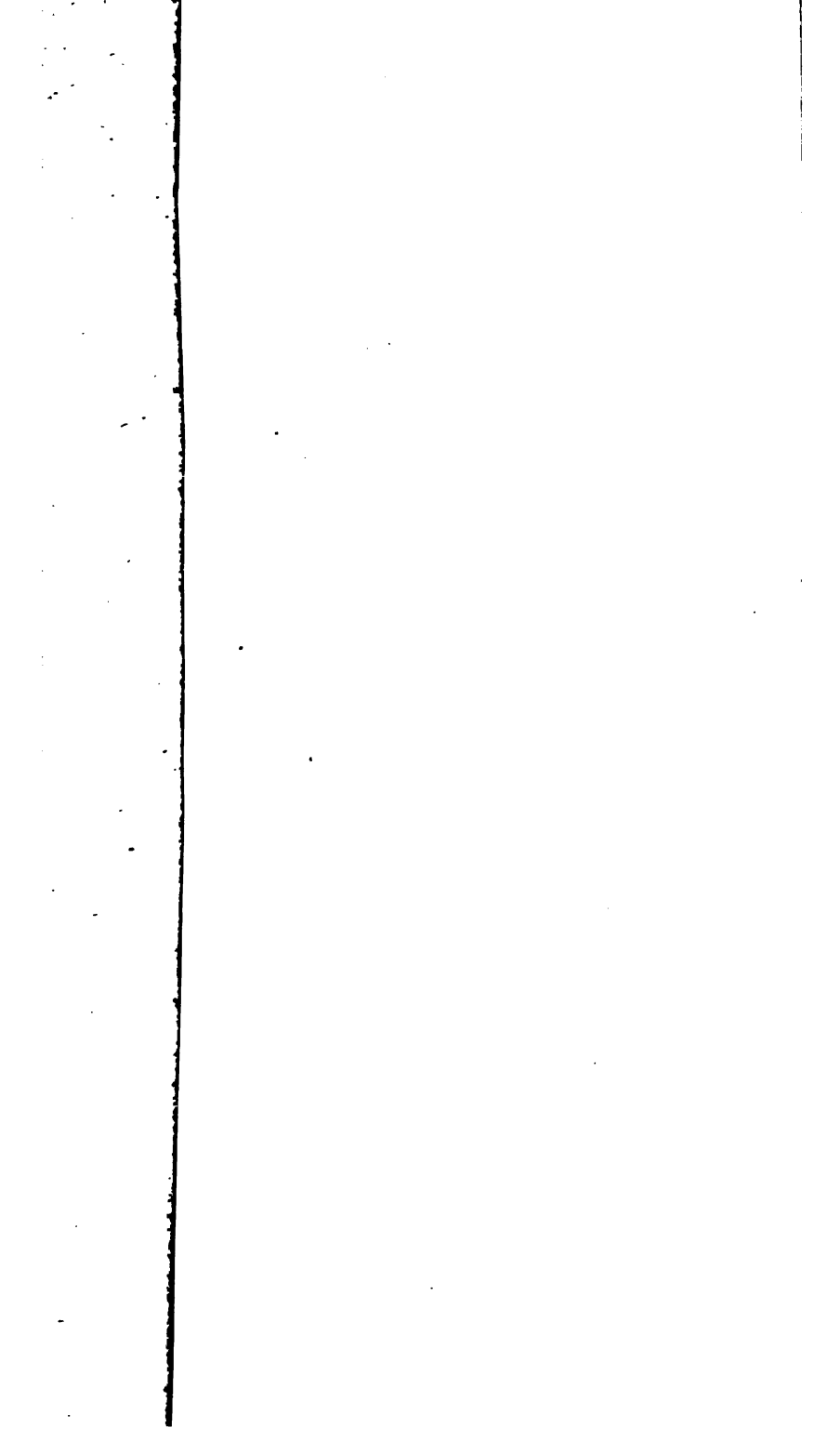
---

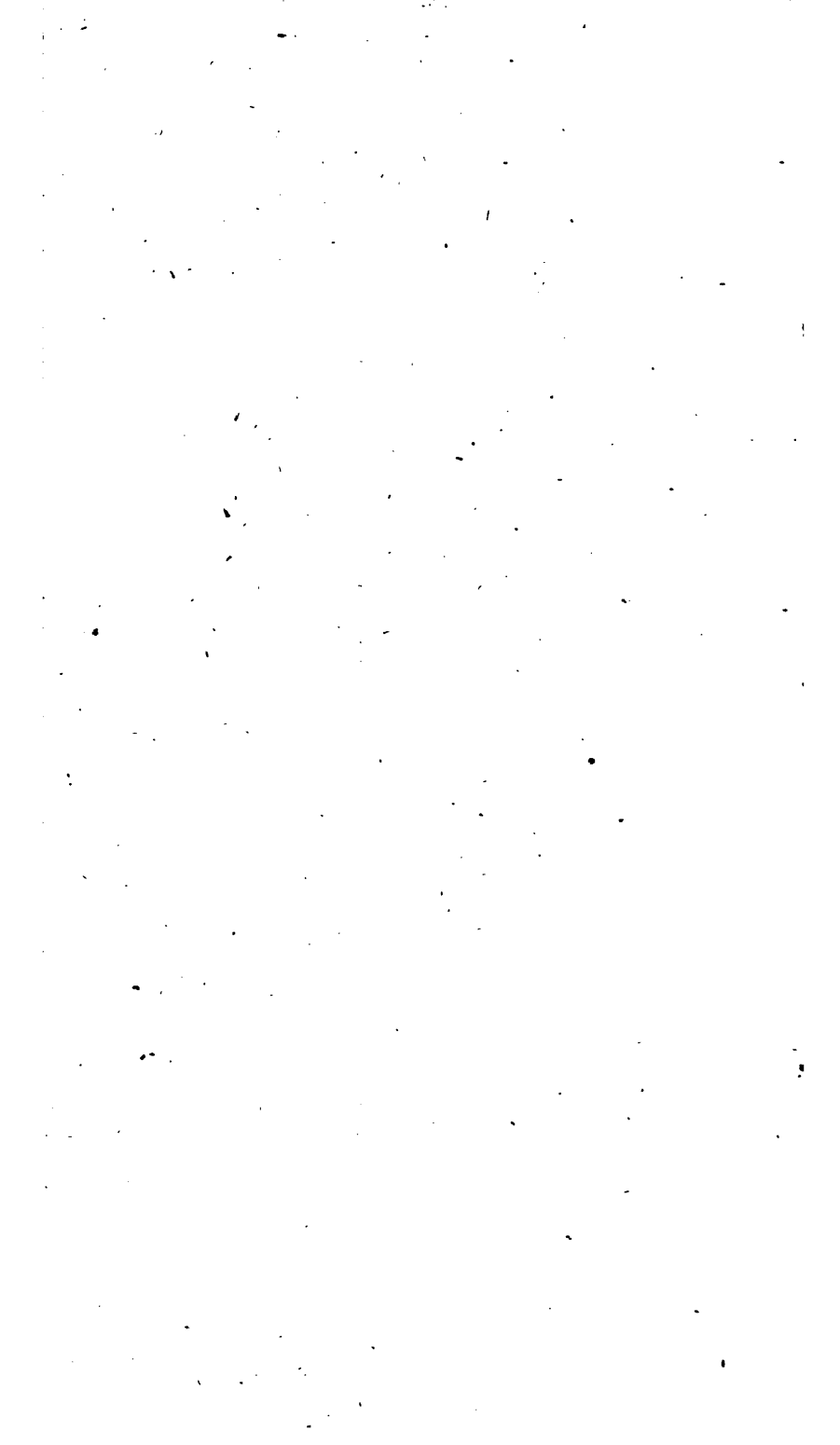
1 8. Widerstand der Mittel.

ducte ihrer Masse in das Quadrat ihrer Geschwindigkeit proportional ist. Man erläutert dieses, ohne eigentliche Messung, in den physikalischen Vorlesungen durch das sogenannte *Flugrädchen*. Ein kleines Rädchen mit 5 oder mehreren kleinen Flügeln, dessen Axe in zwei feine Spitzen ausläuft, um zwischen zwei feinen Pfeilern in engen Löchern leicht beweglich zu seyn, wird auf einem durch Blei beschwerten Stativ befestigt und unter eine geeignete Campana auf den Teller der Luftpumpe gestellt. Die Campana ist seitwärts mit einem engen Loche so durchbohrt, daß der eindringende Luftstrom auf die breite Fläche der Flügel stößt. Exantlirt die Luftpumpe sehr schnell und unausgesetzt, wie bei den doppeltwirkenden der Fall ist, so wird die Luft in der Campana fortwährend verdünnt, die äußere dichtere strömt daher ohne Unterbrechung ein und treibt das Flugrädchen fortwährend um seine Axe mit einer dem Unterschiede der Dichtigkeiten der Luft in der Campana und der äußern proportionalen Geschwindigkeit, aus welcher letztern dann der erstere geschätzt werden kann, selbst auch berechnet werden könnte, wenn man die Geschwindigkeit der Umdrehung genau zu messen und den Einfluß der Reibung genau zu bestimmen vermöchte. Bei kleineren Luftpumpen verstopft man die Oeffnung mit einem durchbohrten Stöpsel und zieht diesen nach dem Exantliren heraus, so daß die äußere Luft einströmt, und sich dann zugleich zeigt, daß die Geschwindigkeit dieser Strömung in eben dem Verhältnisse abnimmt, in welchem die Dichtigkeit der Luft in der Campana wächst. Ungleich wichtiger ist jedoch diejenige Luftströmung, die wir mit dem allgemeinen Namen *Wind* bezeichnen. Dieser Gegenstand verdient jedoch wegen seines Umfanges eine ausführliche Untersuchung, die ich gleichfalls einem eigenen Artikel vorbehalte.

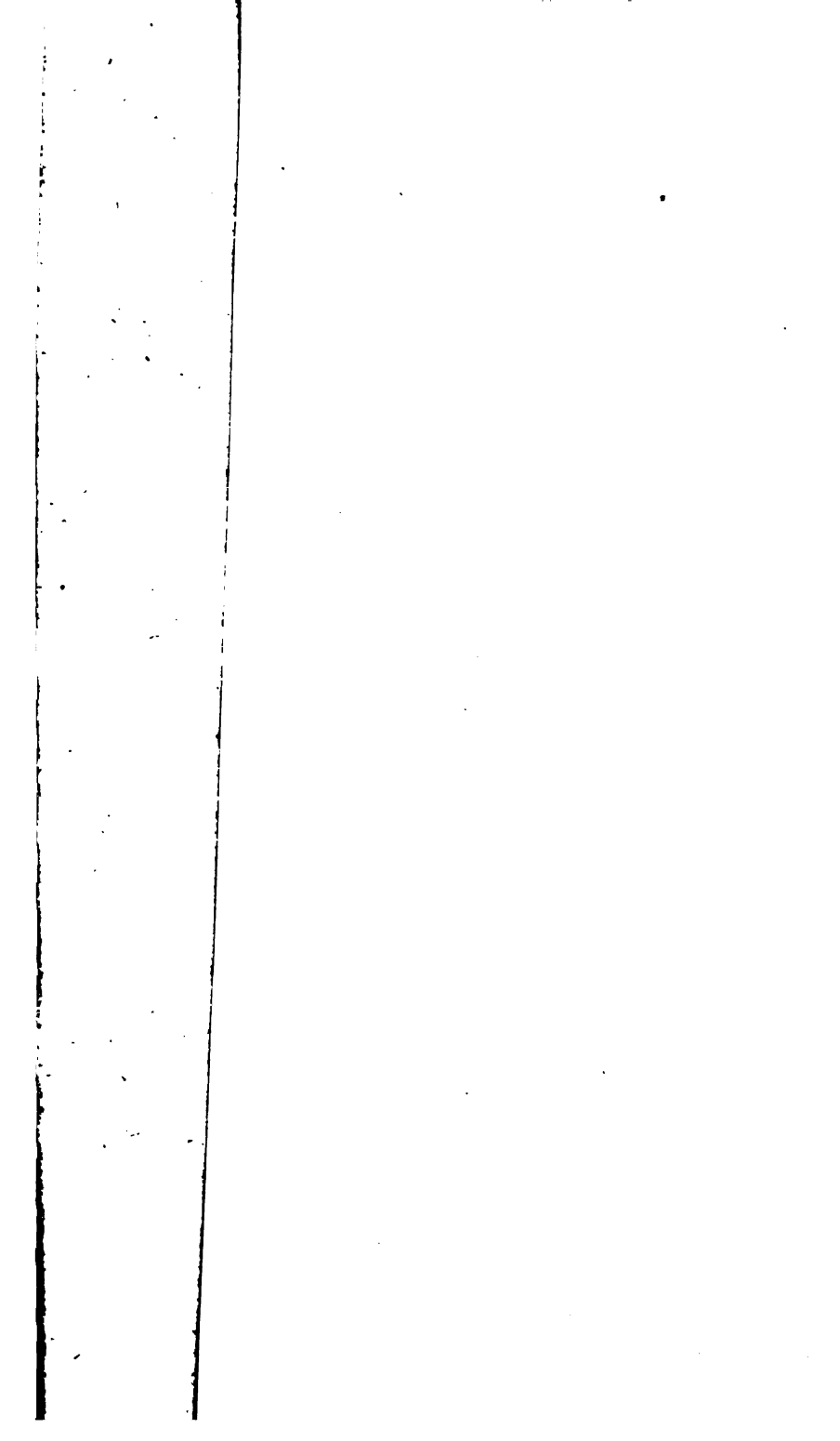
M.

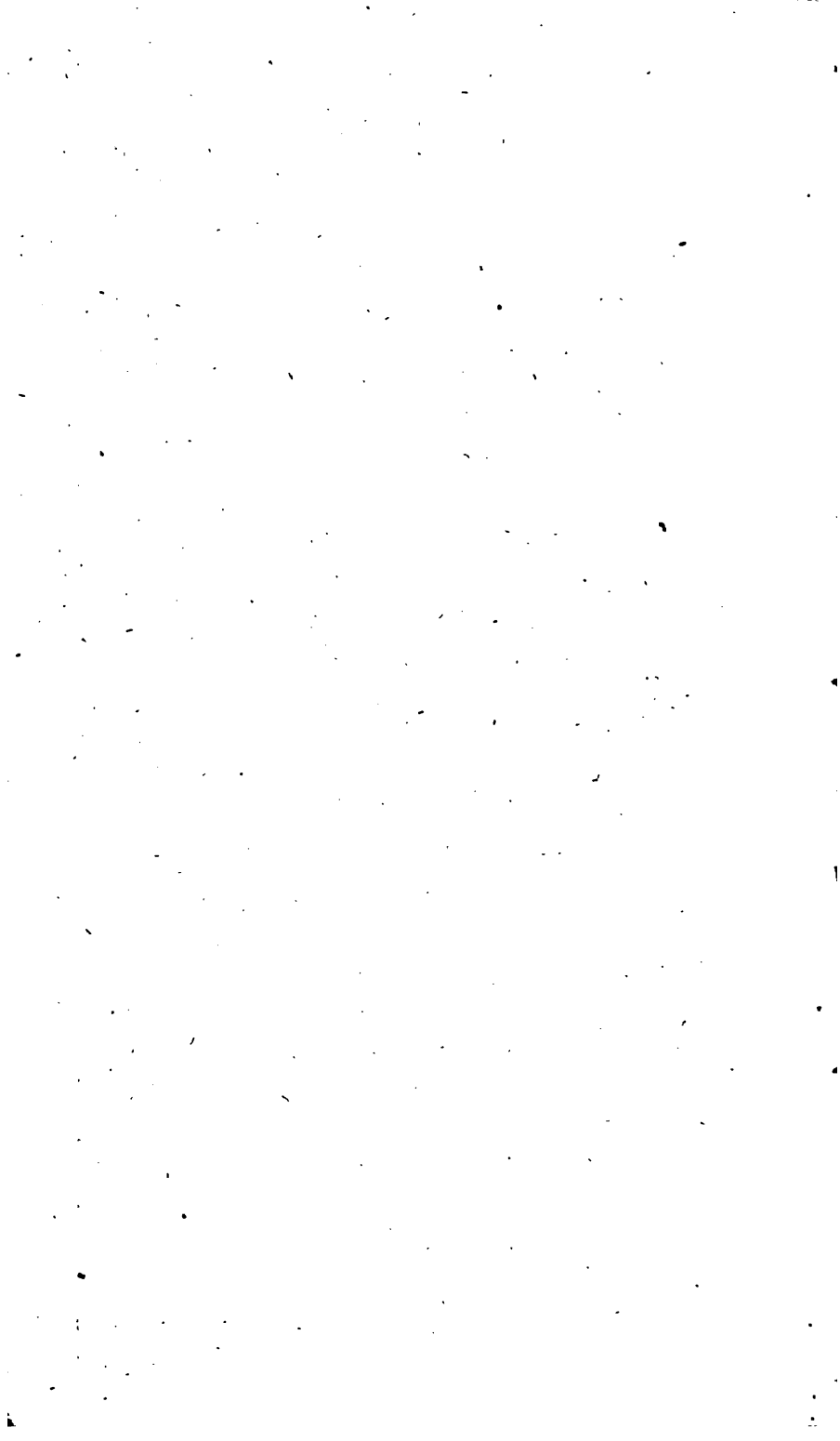


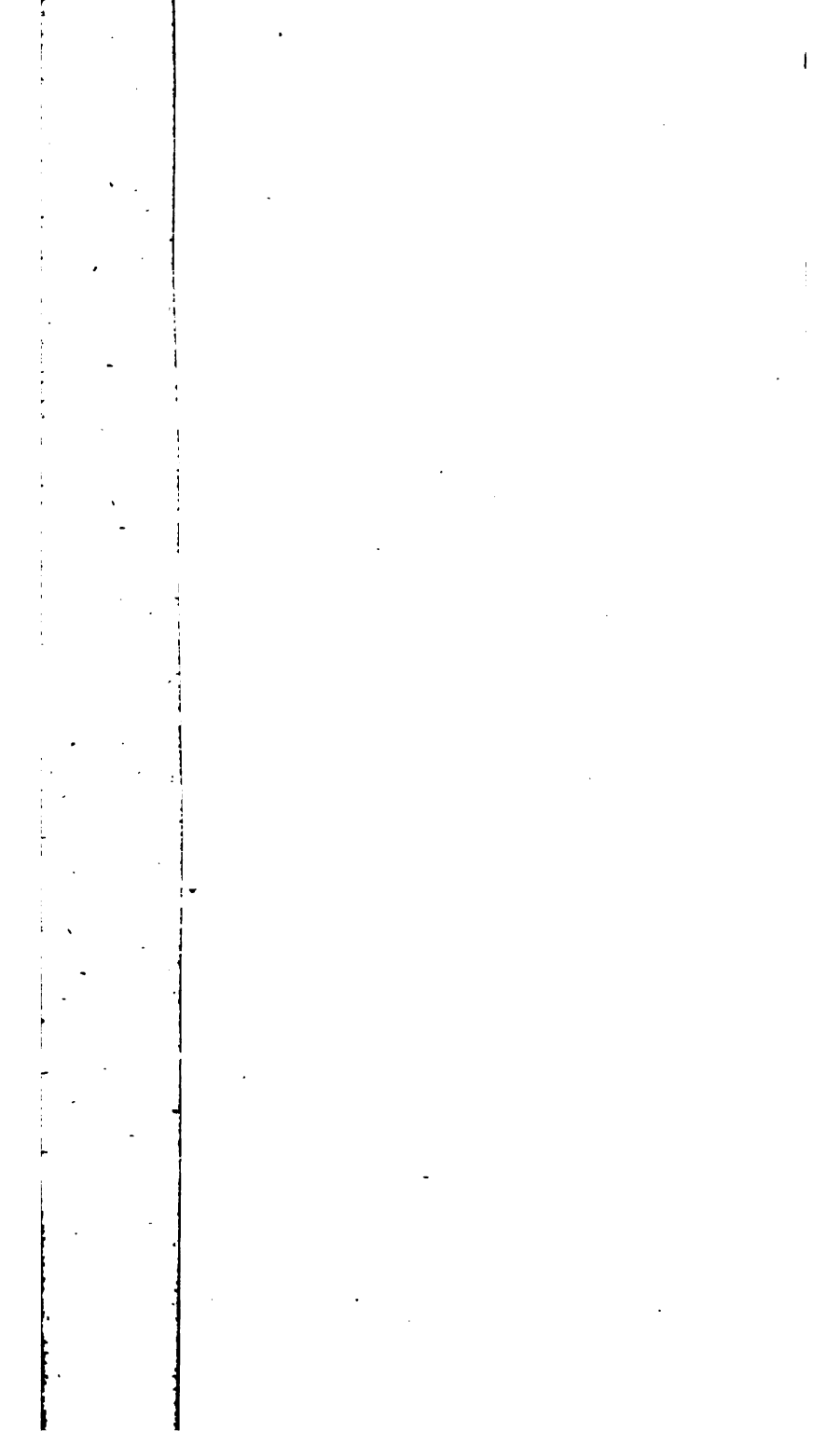






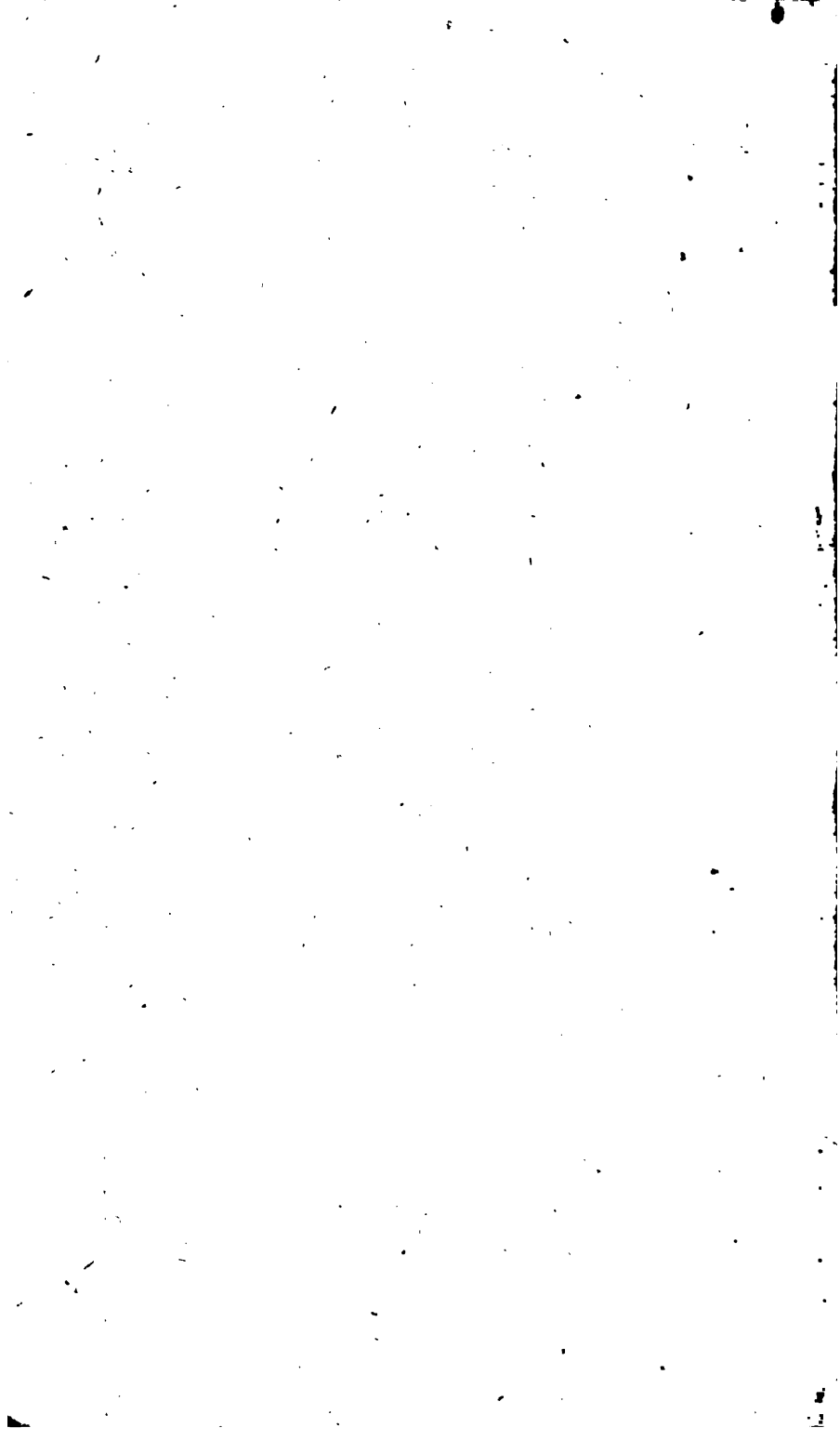


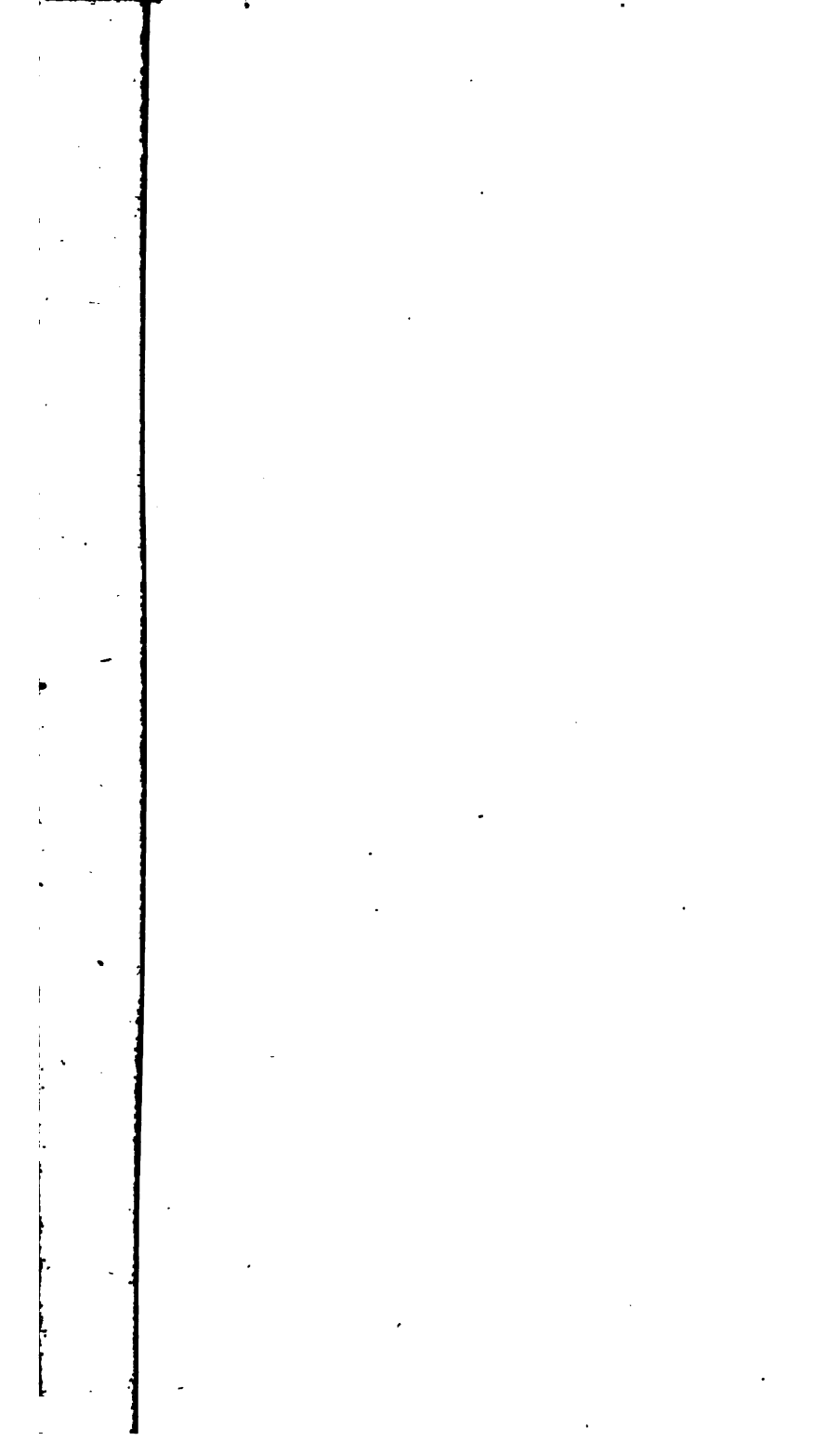












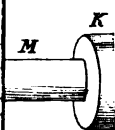
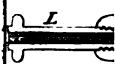




*S*

*Fig. 2*

*A*



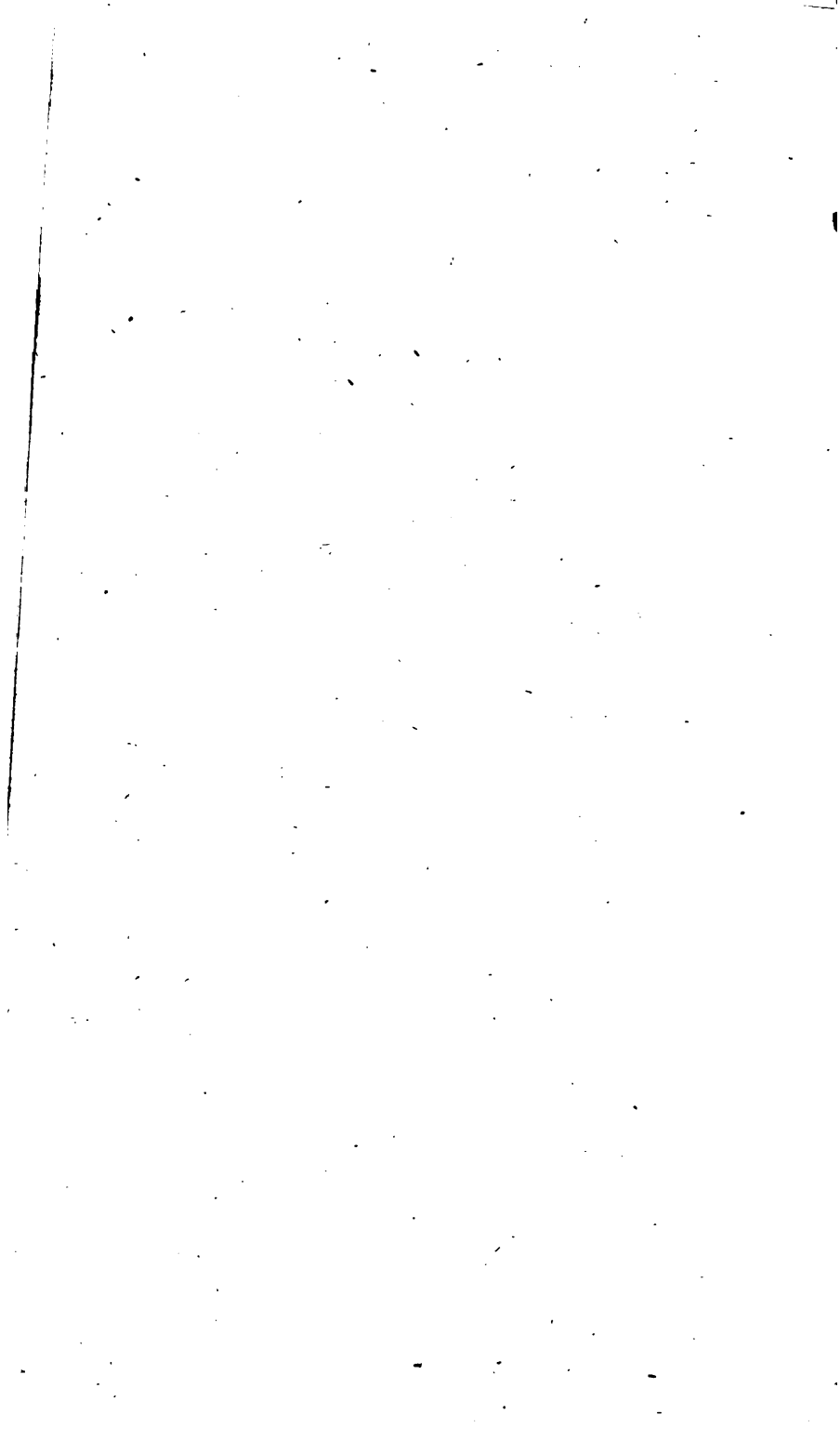
*F*

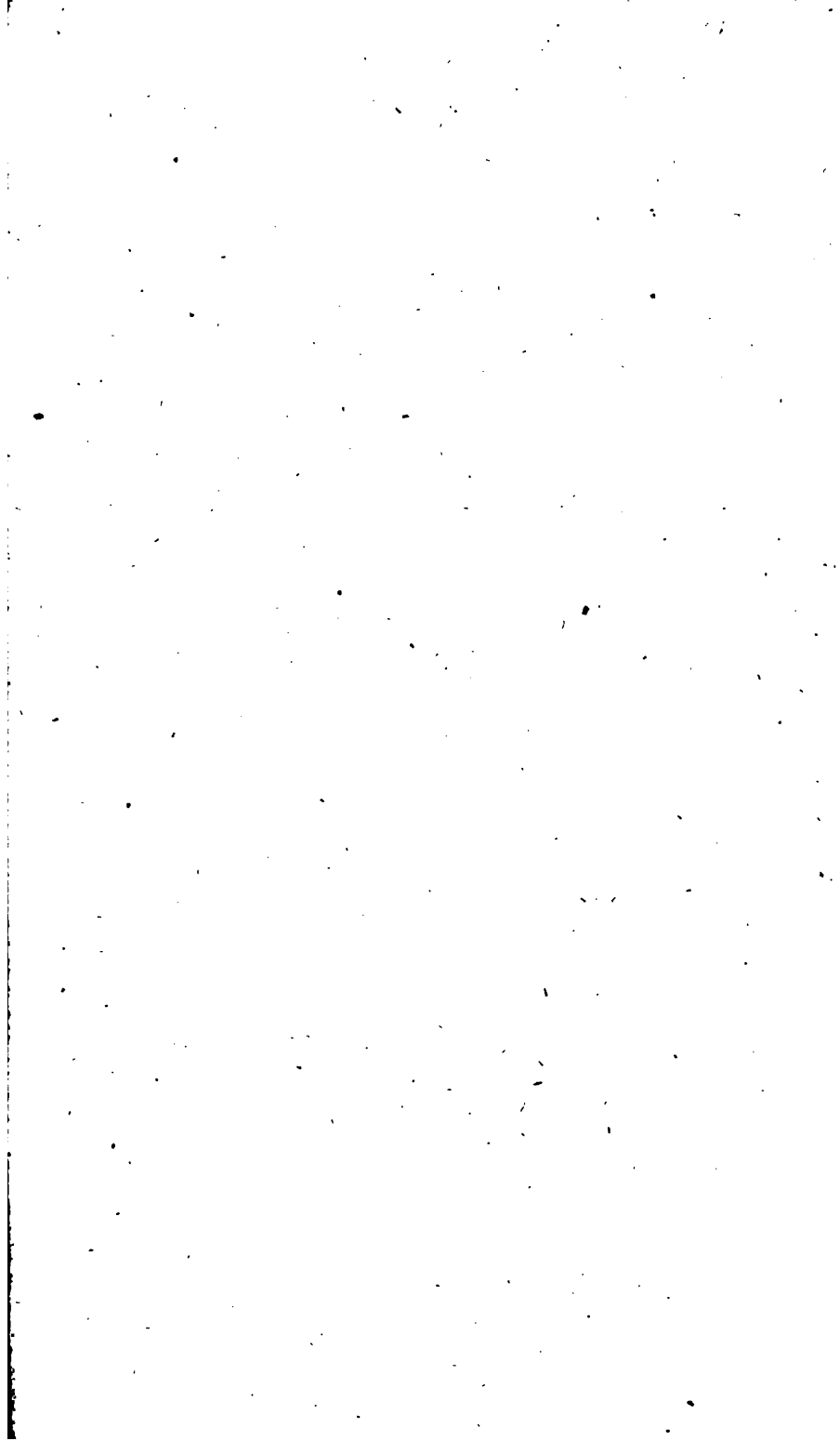
*B*



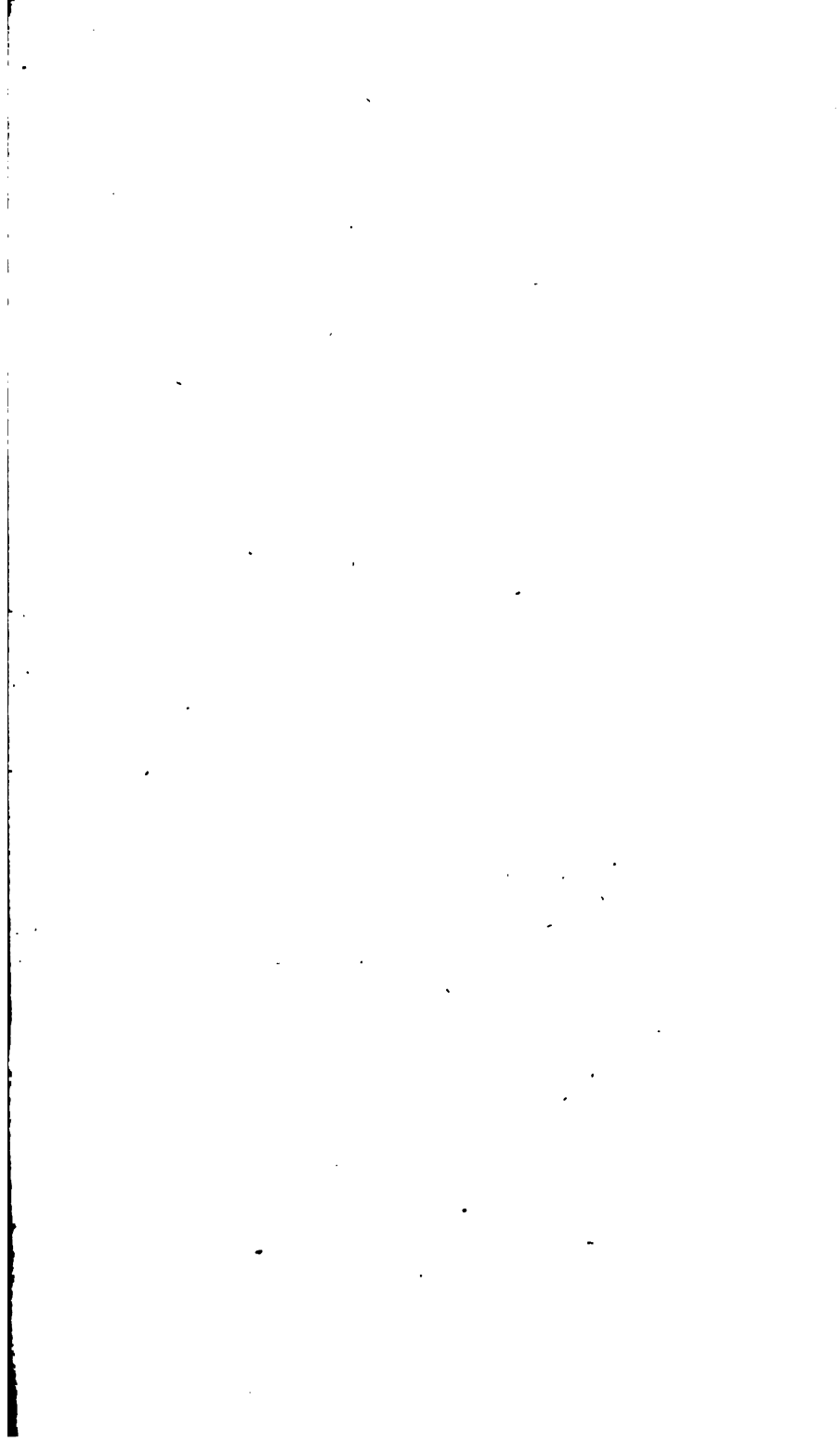
N

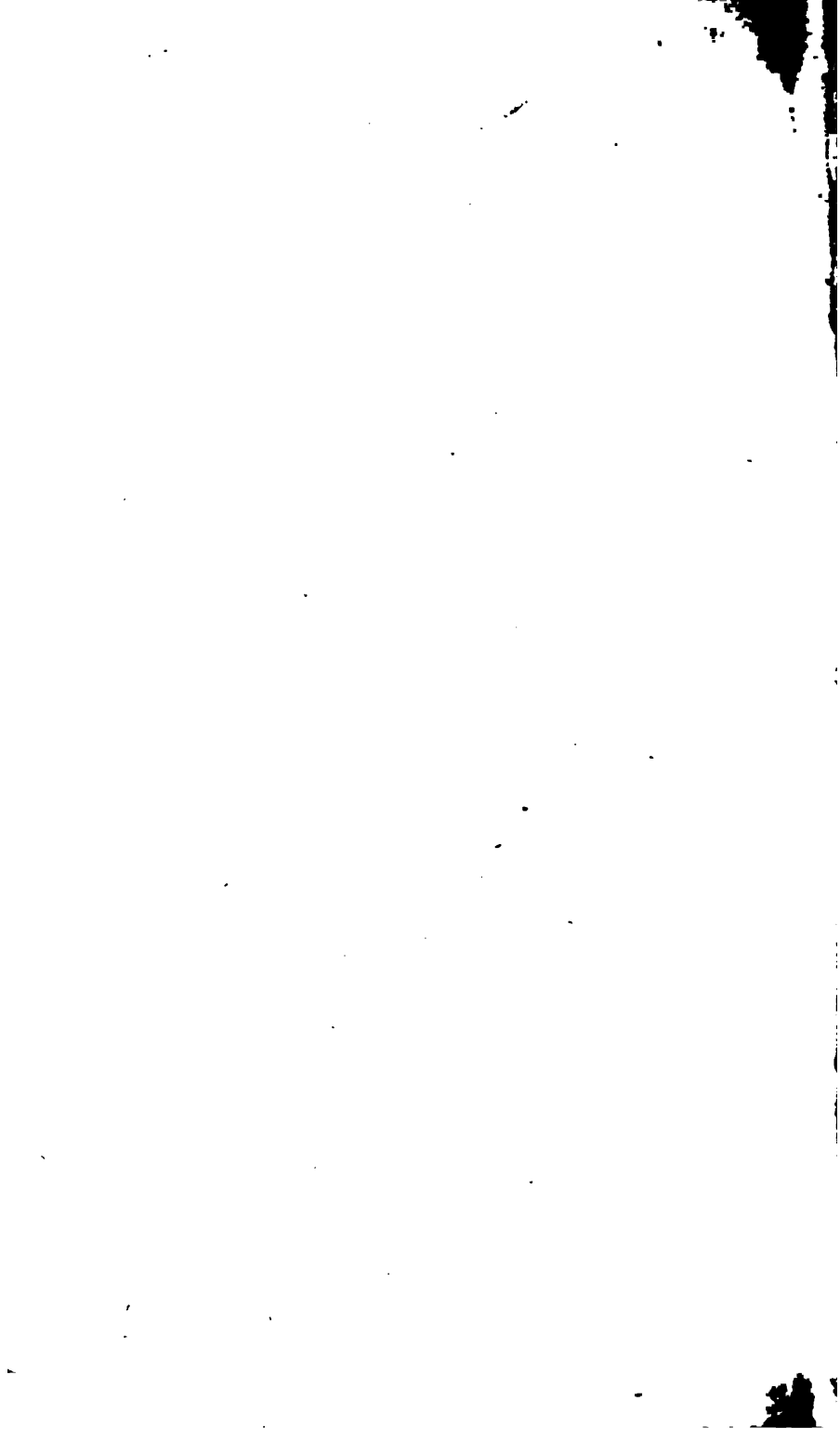
D













137

THE BORROWER WILL BE CHARGED  
THE COST OF OVERDUE NOTIFICATION  
IF THIS BOOK IS NOT RETURNED TO  
THE LIBRARY ON OR BEFORE THE LAST  
DATE STAMPED BELOW.

BOOK DUE  
612345  
NOV 1978  
**CANCELLED**  
JUN 1 3 1978